

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra biologie a environmentálních studií

Využití nahých plžů ve výuce ZŠ a SŠ
(The Use of Slug in the Elementary and High School Teaching)

Diplomová práce

Autor: Bc. Jiřina Šrámková (roz. Vítková)

Vedoucí: Mgr. Dagmar Říhová

Praha 2016

Abstrakt

Předložená práce se zaměřuje na seznámení žáků s běžnými zástupci nahých plžů. V České republice se vyskytuje pět čeledí nahých plžů (Agriolimacidae, Arionidae, Boettgeriidae, Limacidae a Milacidae) a všichni jejich zástupci jsou charakterizováni druhotnou ztrátou schránky. Práce podrobně představuje deset z nich.

Součástí práce je zjednodušený determinační dichotomický klíč a atlas. Základ práce však tvoří návrh devíti laboratorních úloh, pozorování a pokusů, které nahé plže představují z mnoha úhlů pohledu, od základního pozorování vnější morfologie přes potravní nároky a smyslové vnímání až po pitvu. Úlohy jsou koncipovány pro využití na střední škole; ve zjednodušené variantě však mohou sloužit i základoškolským prakticky zaměřeným hodinám přírodopisu. Některé z představených úloh (sledování potravních preferencí, smyslové vnímání a reakce na podněty) lze rozšířit na projektový den či déletrvající třídní biologicky zaměřený projekt. Všechny navržené úlohy byly vyzkoušeny.

Nejdůležitějším modelovým druhem této diplomové práce je plzák španělský (*Arion vulgaris* (Moquin-Tandon, 1855)). Jedná se o v ČR nepůvodního, invazivního zástupce čeledi plžkovitých. Díky laboratorním cvičením v práci obsaženým je možné žákům tohoto plže detailně představit a přispět tak k pochopení jeho nebezpečnosti pro evropské ekosystémy.

.

Klíčová slova: plzák španělský, Arionidae, Limacidae, laboratorní cvičení, potravní preference

Abstract

The present work aims to familiarize students with current representatives of naked snails. In the Czech Republic there are five families of naked snails (Agriolimacidae, Arionidae, Boettgeriidae, Limacidae and Milacidae) and all their representatives are characterized by the loss of a secondary shell. Working closely represents ten of them. Part of the work is simplified determination dichotomous key and atlas. Basis of the thesis is a proposal of nine laboratory exercises, observations and experiments that pose naked snails from many angles, from basic observation of the external morphology through the food demands and sensory perception until after the autopsy. Tasks are designed for use in high school; Simplified variant may serve základníškolským hours practically oriented science. Some of the presented tasks (monitoring food preferences, sensory perception and response to stimuli) can be extended to a project day or protracted class of biologically oriented project. All designed tasks were tested. The most important model species of this thesis is the Spanish slug (*Arion vulgaris* (Moquin-Tandon, 1855)). It is a Czech non-native, invasive representative of the family Arionidae. Thanks laboratory exercises contained in the work of pupils, it is possible that the snail introduce in detail and thus contribute to the understanding of the hazards for European ecosystems.

Keywords: Spanish slug, Arionidae, Limacidae, Practical course, food preferences

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Dagmar Říhové s vyznačením všech použitých pramenů a spoluautorství. Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů. Práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu. Souhlasím s uložením své diplomové práce v databázi Theses.

V Praze dne _____

Podpis: _____

Poděkování

Tímto chci poděkovat Mgr. Dagmar Říhové za odborné vedení mé diplomové práce, za její čas, cenné rady, velkou podporu, dodávání odvahy a vstřícný přístup, které mi velmi pomohli při vypracování. Dále chci poděkovat svému manželovi Jakubovi a dceři Verunce za veškerou pomoc a podporu.

Obsah

| | |
|---|-----|
| 1 Úvod | 7 |
| 2 Systém nahých plžů | 9 |
| 2.1 Plžicovití (Milacidae)..... | 9 |
| 2.2 Slimákovití (Limacidae)..... | 9 |
| 2.3 Slimáčkovití (Agriolimacidae) | 11 |
| 2.4 Bledničkovití (Boettgerillidae) | 11 |
| 2.5 Plžákovití (Arionidae)..... | 12 |
| 3 Dichotomický determinační klíč | 13 |
| 3.1 Plžice vroubená | 15 |
| 3.2 Slimák největší..... | 17 |
| 3.3 Slimák popelavý..... | 19 |
| 3.4 Plžík žlutý | 21 |
| 3.5 Podkonatka žihana | 23 |
| 3.6 Slimáček sítkovaný | 25 |
| 3.7 Blednička útlá | 28 |
| 3.8 Plžák lesní | 30 |
| 3.9 Plžák hnědý..... | 33 |
| 3.10 Plžák španělský | 35 |
| 4 Laboratorní úlohy | 40 |
| 4.1 Pozorování morfologických rozdílů mezi různými rody nahých plžů. | 40 |
| 4.2 Dýchání..... | 44 |
| 4.3 „Otěrometrie“ | 50 |
| 4.4 Reakce na různé podněty | 53 |
| 4.5 Potravní preference..... | 61 |
| 4.6 Závody nahých plžů | 75 |
| 4.7 Co nahým plžům vyhovuje nejlépe | 80 |
| 4.8 Pitva plžáka španělského (<i>Arion vulgaris</i>) | 85 |
| 4.9 Vsakování vody | 92 |
| 5 Závěr | 96 |
| 6 Použité zdroje:..... | 97 |
| 6.1 Internetové zdroje:..... | 101 |
| 7 Příloha..... | 104 |

1 Úvod

Nazí plži jsou jednou z nejkontroverznějších skupin měkkýšů. Zatímco některé třídy měkkýšů (kelnatky, hlavonožci) či plži ulitnatí jsou pro svůj půvab a křehkou krásu schránek obecně oblíbenými živočichy a objekty sběratelských vášní, nazí plži stojí opodál pozitivních emocí. Díky slizem pokrytému tělu, zemitým barvám i skrytému způsobu života jsou spíše spouštěčem odporu či dokonce fobií. Přesto se jedná o skupinu velmi zajímavých organismů, v dnešní době poněkud přehlížených. Jediné, co je staví do středu zájmu, jsou obsáhlé potravní nároky, které z nich činí nenáviděné zemědělské a zahradní škůdce. To je i případ invazivního plzáka španělského (*Arion vulgaris* (Moquin-Tandon, 1855)), který se stal modelovým organismem této diplomové práce. Jedná se o plže plošně rozšířeného a vyskytujícího se místy v obrovských abundancích. To z něj dělá ideální modelový druh rozličných pozorování a pokusů.

Úkolem předloženého textu je vytvořit souhrn základních poznatků o nejběžnějších nahých plžích ČR, a svým čtenářům předestřít návody na laboratorní úlohy, ve kterých nazí plži hrají hlavní roli. Jedná se především zástupce rodů plžice (*Tandonia*), slimák (*Limax*), podkornatka (*Lehmannia*), plžík (*Malacolimax*), slimáček (*Deroceras*), blednička (*Boettgerilla*) a plzák (*Arion*). Do diplomové práce jsem vybrala deset nejběžnějších zástupců z těchto rodů a detailně je popsala (str. 15-39). Protože malakozoologická literatura, která je v současnosti v ČR k dispozici (např. Ložek 1956 či Horsák, Juříčková a Pícka 2013), je pro použití na základních a středních školách příliš komplexní, vytvořila jsem jednoduchý dichotomický klíč (str. 13 -14) a kratičký atlas umožňující určení základních skupin nahých plžů i nejběžnějších druhů.

Nejdůležitější součástí diplomové práce je však návrh devíti laboratorních úloh, představující nahé plže v celé šíři aspektů. První z nich (str. 40) je zaměřena na vnější morfologické seznámení s různými typy nahých plžů; další se zabývají smyslovým vnímáním (str. 53), pohybem (str. 75,80), dýcháním (str. 44), příjmem vody pokožkou (str. 92) a potravními preferencemi (str. 61). Jedna z úloh – „Otěrometrie“ na str. 50 – je zacílena na sliz, jednu z vlastností, která činí nahé plže pro mnoho žáků odpornými. Poslední z úloh je pitevní (str. 85). Žáci jsou tak díky těmto úlohám komplexně provedeni světem nahých plžů.

Funkčnost všech úloh jsem ověřila při jejich vymýšlení a sepisování; součástí these jsou tedy i upozornění na možné těžkosti či obtíže při uvádění úloh do praxe.

Dle mého názoru by měli učitelé při výuce biologie co nejčastěji využívat praktické úlohy s živými organismy, aby si žáci mohli všechno vyzkoušet a „osahat“ sami. Doufám, že můj návrh praktik seznamující s nahými plži pomůže ukázat žákům, že i na první pohled nehezčí tvorové skýtají mnoho zajímavého a stojí za to je pozorovat a zkoumat. Některým žákům tento přístup jistě pomůže při pochopení souvislostí v živém světě a pro ostatní bude vítaným zpestřením teoretických hodin přírodopisu či biologie.

2 Systém nahých plžů

Všichni nazí plži zmínění v této práci patří mezi stopkooké plicnaté plže (Mollusca: Gastropoda: Pulmonata: Stylommatophora (Horsák, Juříčková, Pícka 2013)). Ačkoliv jsou si při pohledu zvnějšku velmi podobní, ke ztrátě ulity došlo v jejich evoluci několikrát nezávisle na sobě a tak na území ČR nalezneme celkem pět čeledí nahých plžů: plžicovitě, slimákovitě, slimáčkovitě, bledničkovitě a plžákovitě. V následujícím textu budou čtenáři seznámeni s těmito čeleděmi i jejich zástupci; ve speciální části práce (viz str. 15–39).

2.1 Plžicovití (Milacidae)

Čeď plžicovitých je charakteristická určitými znaky, a protože její zástupci patří mezi typické nahé plže, všichni mají redukovanou schránku. Schránka je redukována ve vejčitou silně zvápněnou symetrickou destičku, která je umístěna uvnitř měkkých tkání pod pláštěm štítu. Vrchol destičky je umístěn uprostřed její horní třetiny (Horsák, Juříčková, Pícka 2013). Štít je na povrchu jemně zrnitý, a jeho část nad destičkou je vystouplá a oddělená rýhou. Plžice mají výrazně zbarvený kýl táhnoucí se od zadního okraje štítu až po špičku ocásku. Dýchací otvor se nachází v zadní polovině štítu, a svalovina nohy má ve střední části charakteristickou stromečkovitou strukturu. Vyjma vnějších morfologických znaků jsou pro rod *Tandonia* typické drobné přídatné žlázy při ústí oviduktu do atria.

Centrum diverzity těchto plžů leží v jižní Evropě, ale i na našem území lze nalézt dva druhy. Jeden z nich je původní teplomilná plžice vroubená (*Tandonia rustica*), vyskytující se v suťových lesích a u skalek i mimo biotopy ovlivněné člověkem. Druhý druh, plžice štíhlá (*Tandonia budapestensis*), žije pouze na synantropních či člověkem pozmeněných stanovištích (zahrady, parky, městská ruderní vegetace) v nížinných oblastech republiky (Horsák et al., 2013).

2.2 Slimákovití (Limacidae)

Mnohem početnější (pět rodů a osm druhů) je další z čeledí nahých plžů, obývajících ČR: slimákovití. Na rozdíl od plžicovitých je kýl zástupců této čeledi kratší, dosahující délky do nejvýše poloviny hřbetu. Nikdy se nedotýká zadního okraje štítu.

Schránka slimákovitých je redukována v dlouze oválnou asymetrickou destičku umístěnou uvnitř měkkých tkání těla; s vrcholem vpravo nahoře. Destička během vývoje

přirůstá, takže u mladých jedinců bývá pružná a průsvitná, ale u starších jedinců už je plně zvápenatělá. U velkých jedinců se může po smrti uvolnit a nějakou dobu se zachovávat v hrabance, kde ji lze najít společně s ulitami schránkatých plžů. Tvar však není charakteristický pro jednotlivé rody a proto z jejího nálezu nelze usuzovat na přítomnost konkrétních rodů, pouze celé čeledi slimákovitých (Říhová D. (2016), osobní sdělení).

Štít slimáků je zvrásněný a nedělený. Kýl bývá naznačený v zadní části těla, a dosahuje nejdále do poloviny hřbetu. Dýchací otvor se pak nachází v zadní polovině štítu, a svalovina chodidla je dělena do tří pruhů, které mohou být i barevně odlišeny (např. u slimáka popelavého (*Limax cinereoniger*)). Naši zástupci největších slimáků pak mají kýl výrazně vystouplý (až lištovitý či hřebenovitý) a obvykle barevně odlišený od zbytku těla.

Do čeledi je řazeno celkem pět rodů: modranka (*Bielzia*), slimák (*Limax*), slimákovec (*Limacus*), plžík (*Malacolimax*) a podkornatka (*Lehmania*).

Rod *Limax* má zajímavý průběh páření, při němž se oba kopulující jedinci vzájemně ovinou do spirály, a přitom se často zavěsí slizovým vláknem na větev nebo skalku a své velmi dlouhé penisy rovněž spirálovitě propletou pod visícími těly. Délka penisů může překročit až několásobně délku kopulujících jedinců (Horsák, Juříčková a Pícka 2013).

Rod *Bielzia* u nás zastupuje jediný zástupce, a modranka karpatská (*Bielzia coeruleans*), dorůstající až 16 cm délky (jeden z našich největších nahých plžů vůbec). Modranka je nezaměnitelná díky svému zbarvení. Dospělí jedinci mají sytě modré zbarvení, které může přecházet v různé odstíny zelenomodré, fialové či šedomodré. Mláďata mají barvu olivově zelenou až hnědou s tmavými postranními pruhy a výrazný kýl (Horsák, Juříčková a Pícka 2013); připomínají tak mláďata rodu *Limax*. Modranku nalézáme nejčastěji pod kůrou padlých kmenů, které se nacházejí ve vlhkých horských lesích. Tento plž obývá pouze východní část republiky (Beskydy, Hostýnské vrchy, Bílé Karpaty – tzv. Pannonicum) nejzápadněji zasahuje do Hrubého Jeseníku a pravděpodobně na Králický Sněžník. Nalézt jej lze rovněž v Oderských vrších (Hanák et al. 2002).

Rod *Malacolimax* u nás zastupuje jediný druh, plžík žlutý (*M. tenellus*), který dorůstá pouze 5 cm. Žije převážně na dřevě, ale také ho můžeme nalézt na houbách v listnatých i jehličnatých lesích. Dospělí jedinci i mláďata mají stejné zbarvení, a to různé odstíny citronově žluté. Jejich sliz je také žlutý, a navíc mají výrazně tmavá tykadla. Na našem území je tento nahý plž velmi hojný (znají jej především sběratelé hub, na kterých se často

krmí ve větších počtech), východněji na Slovensku je však jeho výskyt vzácný (Horsák, Juříčková, Pícka 2013).

Posledním rodem čeledi Limacidae je podkornatka (*Lehmannia*) se třemi zástupci v české malakofauně. Jsou to středně velcí štíhlí nazí plži, mající velmi měkkou vodnatou pokožku a velký krevní sinus v zadní části těla. Jejich dýchací otvor se nachází v zadní polovině štítu, a schránka je redukována ve slabě zvápenatělou asymetrickou destičku. Po dešti často vylézají vysoko na kmeny, kde ožírají řasy a lišejníky, ale když začne kmen osychat, musejí rychle slézt dolů, a snad proto jsou to naši nejrychlejší plži (Horsák, Juříčková, Pícka 2013). Jediný z druhů, podkornatka žíhaná (*Lehmannia marginata*) je plošně rozšířen po celém území ČR, ostatní dva druhy (*L. macroflagellata* a *L. nyctelia*) jsou mnohem vzácnější a vyskytují se pouze ve východní části republiky.

2.3 Slimáčkovití (Agriolimacidae)

Do čeledi slimáčkovití řadíme drobnější, křehce vyhlížející nahé plže s dýchacím otvorem umístěným v zadní polovině štítu. Kýl slimáčků je pouze naznačený v ocasní části hřbetu, schránka je redukována na asymetrickou vápenatou destičku.

Slimáčci mají velmi citlivou pokožku, většina druhů vylučuje mléčně zbarvený sliz, když dojde k podráždění pokožky. Identifikace jednotlivých druhů této čeledi je velmi obtížná, a musí být podrobeni pitvě, při které se hlavně zkoumá struktura a tvar penisu; podstatná je také délka slepého střeva.

Slimáčci mají typické zásnubní tance, které předcházejí aktu páření, při nichž dva jedinci buď lezou do kruhu, nebo proti sobě kývají výraznými penisy. Kopulace samotná je, na rozdíl od většiny jiných nahých plžů, velmi krátká (Horsák, Juříčková, Pícka 2013).

Slimáčkovití u nás čítají osm druhů, jedním z největších a nejhojnějších zástupců je slimáček síťkovaný (*Deroceras agreste*), častý polní a zahradní škůdce (Horsák, Juříčková, Pícka 2013).

2.4 Bledničkovití (Boettgerillidae)

Tato nepůvodní čeleď je u nás zastoupena jediným druhem, bledničkou útlou (*Boettgerilla palens*). Bledničky jsou nezaměnitelné díky tvaru svého těla, který je červovitý. Štít umístěný v přední části těla má typicky zašpičatělou zadní stranu, která tak připomíná tvarem písmeno V. Dýchací otvor je umístěn v jeho zadní polovině po pravé straně těla.

Ve všech částech území ČR na místech zasažených činností člověka se můžeme setkat s drobnou štíhlou bledničkou útlou. Na první pohled si lze tohoto plže splést se žížalou, neboť má nafialovělé či šedavě bílé zbarvení a při vyrušení rychle zatahuje nenápadná tykadla do hlavové části těla. Původním areálem rozšíření bledničky je Kavkaz, odkud se do Evropy začala šířit v 60. letech minulého století.

Vyjma charakteristických vnějších znaků bledničku od evropských nahých plžů odlišuje také přítomnost anatomického znaku, tzv. *corpus fusiformis*, což je struktura podobná epifalu (viz fig. 45 na str. 90 – pitva plzáka, kde je epifalus vidět), nikoliv však s ním homologická (Horsák, Juříčka, Pícka 2013).

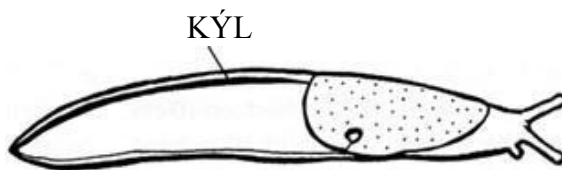
2.5 Plzákovití (Arionidae)

Nejpočetnější a morfologicky nejhomogennější čeleď našich nahých plžů, plzákovití, čítá devět druhů. Schránka dosáhla nejvyššího stupně redukce: zůstává z ní pouze shluk drobných zrněk uhličitanu vápenatého pod štítem. Štít umístěný v přední polovině těla je pokryt charakteristickou skulpturou, připomínající otisk prstu; dýchací otvor je umístěn v přední polovině štítu po pravé straně. Zcela postrádají kýl a jejich hřbet je na rozdíl od slimákovitých zaoblený. Svalovina chodila je jednolitá, hřbetní strana těla je však zbrzděna rýhami (výrazné především u velkých druhů plžáků – plzáka lesního (*Arion rufus*) a p. španělského (*A. vulgaris*)).

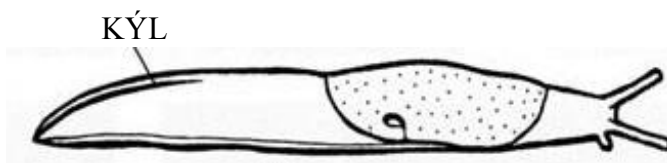
Tato čeleď zahrnuje jak drobné, tak velké druhy a rozpětí velikostí sahá od 25 mm po 15 cm (délka těla). Při páření zaujímají plzáci charakteristickou polohu, kdy lezou do kruhu pravým bokem k sobě. Páření trvá – například oproti slimáčkům – několik hodin (Horsák, Juříčková a Pícka 2013).

Sedm druhů plžáků je na území ČR původní; nejrozšířenějším druhem je však plzák španělský (*A. vulgaris*) původem ze západní Evropy; v zahradách a ruderálních biotopech se lze často setkat s plzákem zahradním (*A. distinctus*).

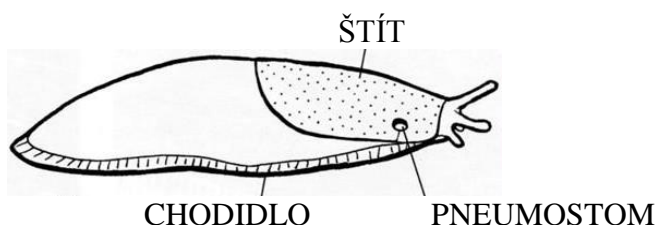
3 Dichotomický determinační klíč



Obr. 1 Kýl sahá od konce štítu až ke špičce ocasní části (Autor: Christoph Allgaier)



Obr. 2 Kýl sahá od špičky ocasu do poloviny hřbetní části těla (Autor: Christoph Allgaier)



Obr. 3 Kýl je pouze náznakový, v ocasní části těla (Autor: Christoph Allgaier)

- | | |
|---|---|
| 1 - Přítomnost kýlu (Obr. 1,2) | 2 |
| - Nepřítomnost kýlu (Obr. 3) | 3 |
| 2 - Kýl sahá od konce štítu až ke špičce ocasní části | 4 |
| - Kýl sahá od špičky ocasu do poloviny hřbetní části těla | 5 |
| - Kýl je pouze náznakový, v ocasní části těla | 6 |
- 3 - Hnědé, černé či oranžovo-červené zbarvení; lem chodidla oranžový s černými svislými pruhy; dospělci robustní a velmi dlouzí (dosahující i délky 15 cm)
Plzák lesní (*Arion rufus*)
- Oranžovo hnědé zbarvení s výraznými pruhy na bocích i na štítu; sliz svítivě oranžový; délka těla nejvýše 7 cm
Plzák hnědý (*Arion fuscus*)
- Hnědé nebo oranžovohnědé, vždy jakoby špinavé zbarvení; délka těla okolo 12 cm; synantropní výskyt ve velkých počtech
Plzák španělský (*Arion vulgaris*)
- 4 - Plž poměrně robustní, dorůstající 10 cm délky. Tělo svrchu šedorůžové s nepravidelnými černými skvrnkami; kýl výrazně světleji zbarvený než zbytek těla
Plžice vroubená (*Tandonia rustica*)

- Výrazně skvrnitě zbarvení (černé skvrny na šedém podkladu); skvrny na ocasní části mohou splývat v pruhy, štít skvrnitý vždy. Zřídka černé zbarvení; chodidlo zespodu jednobarevné. Délka dospělců okolo 15 cm.

Slimák největší (*Limax maximus*)

- Zbarvení černé nebo v různých kombinacích světlých a tmavých pruhů. Chodidlo zespodu se třemi barevnými pruhy (postranní tmavé, prostřední světlý). Štít vždy jednobarevný. Robustní tělo, dospělci dosahují délky okolo 15 cm.

Slimák popelavý (*Limax cinereoniger*)

- Štíhlý gracilní plž se světlým hřbetem se dvěma tmavými podélnými pruhy, které se mohou rozpadat v řady skvrn. Na štítu charakteristická lyrovitě tvarovaná tmavá skvrna. U jedinců z vyšších (horských) polo často tmavé či načervenalé zbarvení. Maximální délka těla 7 cm.

Podkornatka žíhaná (*Lehmannia marginata*)

- | | |
|--|---|
| 6 - Sliz při vyrušení mění barvu z čiré na mléčně zakalenou či bělavou | 7 |
| - Sliz i při vyrušení zůstává čirý | 8 |

- 7 - Zbarvení těla nehomogenní, jakoby posypané mletým pepřem na světlém podkladu, nejčastěji béžové s hnědým mramorováním různé intenzity. Dosahuje délky 6 cm.

Slimáček síťkovaný (*Deroceras reticulatum*)

- 8 - Tělo plže zbarvené v různých odstínech žluté či smetanové, sliz žlutavý, tykadla oproti tělu výrazně tmavá; maximální délka těla 5 cm.

Plžík žlutý (*Malacolimax tenellus*)

- Tělo zbarvené šedavě, šedobíle či nafialověle; sliz čirý. Velmi štíhlý, gracilní plž na první pohled připomínající spíše suchozemskou ploštěnku; dosahující délky 5 cm.

Blednička útlá (*Boettgerilla pallens*)

3.1 Plžice vroubená

Čeleď: plžicovití (Milacidae)

Rod: plžice (*Tandonia*)

Druh: plžice vroubená (*Tandonia rustica* (Millet, 1843))

Plžice vroubená dorůstá velikosti 80–100 mm a můžeme ji zařadit mezi statnější nahé plže naší fauny. Zbarvení plžice je relativně světlé, šedo- či růžovofialové. Typické jsou černé tečky či podlouhlé štíhlé skvrny rozesté po celém povrchu těla. Plž tak vypadá, jako by byl posypán mletým pepřem (obr. 4). Noha je zvrásněná, štít je dobře odlišitelný od zbytku těla, nad chodidlem jsou patrné tmavěji pigmentované boční lišty. Plžice vroubená má výrazný kýl táhnoucí se od zadního okraje štítu po špičku ocasní části těla. Je světle zbarvený a díky tomu dobře patrný (Eulin 2003).

Charakteristickým anatomickým znakem plžice vroubené je velmi dlouhý epiphalus. Penis je kratší, epiphalus naopak výrazně delší (Liberto et al. 2012).



Obr. 4. Plžice vroubená (foto Welter Schultes) Převzato z AnimalBase 2010.

Plžice je všežravá a preferuje mrtvý hmyz a houby. Její pohyb je pomalý a v reakcích na různé podněty je plachá a bázlivá (Eulin 2003).

Plžice vroubená vyhledává vápencové a zalesněné oblasti. Má ráda vlhké prostředí. Můžeme ji nalézt mezi kořeny stromů, v mechu, pod kameny, na skalkách nebo ve skalních štěrbinách (Eulin 2003).

V Čechách se vyskytuje roztroušeně na vhodných stanovištích. Jsou oblasti, kde se vůbec nevyskytuje; například v jižních Čechách či na Moravě (viz obrázek 5). Nejvýhodněji se na našem území vyskytuje v okolí České Třebové (Horsák, Juříčková, Pícka 2013).

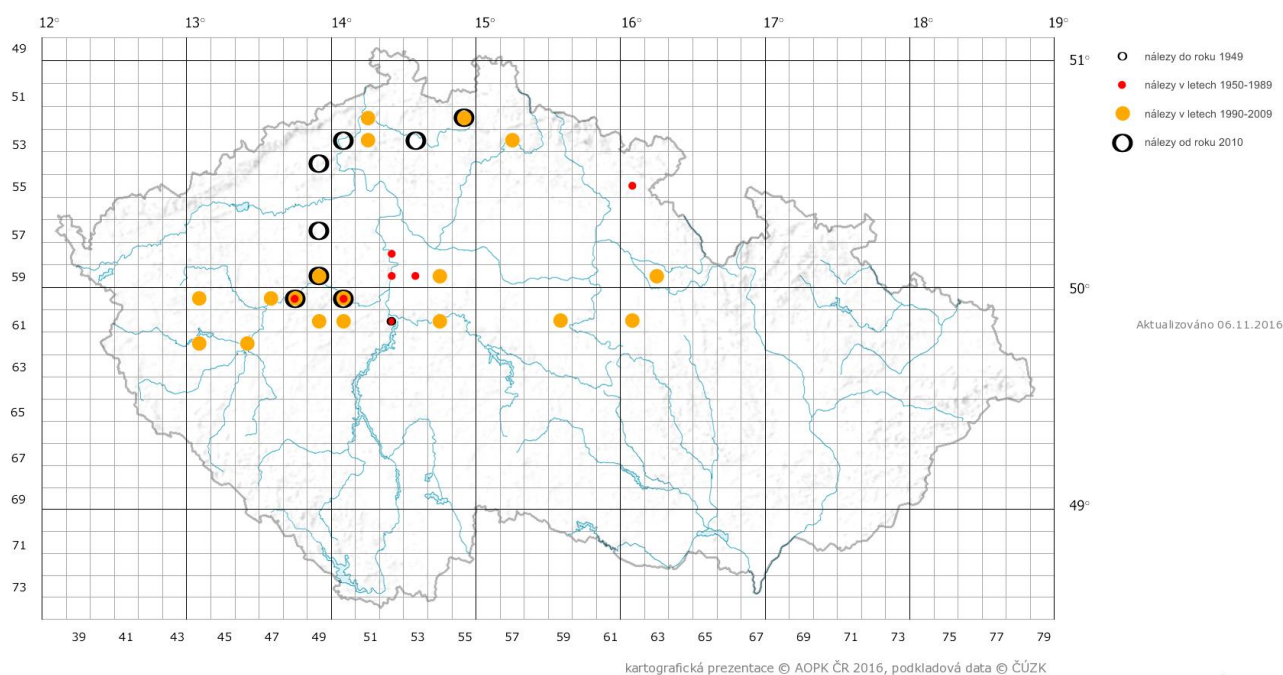
Nejčastěji obývá suťové lesy, lze ji nalézt i v drovinách Českého středohoří a rovněž jako synantropní element v zahradách nižších poloh.

Zajímavý nález plžice vroubené učinila Juříčková (2005) na zřícenině hradu Zlenice, obecně nazývaná Hláska. Plžice se zde tři roky před prvním nálezem (v roce 1998) nevyskytovala, protože hrad neposkytoval vhodné podmínky, což se však posléze změnilo a plžice se stala součástí místní fauny. Hláska je postavena v mírně teplé oblasti se srážkami okolo 600 mm, což plně odpovídá klimatickým nárokům plžice.

Druh obecně se vyskytuje na větším množství českých hradů a zřícenin (Juříčková 2005), například na Rychmburku u Skutče, Staré Dubé u Choceraď, Hamštejnu, Vranov, Kalichu, Věžce, Točnicku a Nových Hradech.

Vyjma území ČR je plžice dokumentována také z Francie (Eulin 2003), Itálie (Liberto et al. 2012) a Velké Británie a Irska (Anderson 2005).

Výskyt druhu *Tandonia rustica* podle záznamů v ND OP



Obr. 5 Výskyt plžice vroubené (*Tandonia rustica*) podle záznamů v databázi AOPK ČR dle záznamů z roku 2016. Převzato z Portal.Nature 2016

3.2 Slimák největší

Čeleď: Slimákovití (Limacidae)

Rod: slimák (*Limax*)

Druh: Slimák největší (*Limax maximus* (Linné, 1758))

Nahý plž slimák největší (Obr. 6) dorůstá délky až 150 mm a představuje tak jednoho z našich nejdelších plžů vůbec. Charakteristickým znakem je výrazné zbarvení: základní barva celého těla je šedavohnědá, pokrytá výraznými černými skvrnami či pruhy. U některých jedinců mohou skvrny na hřbetě chybět, štít je však skvrnitý či černě zbarvený vždy. Skvrny mohou mít kulovitý nebo protáhlý tvar. Tělo je skvrnité a pokožka charakteristicky zvrásněná. Štít je od těla dobře odlišitelný. Kýl zasahuje do 1/3 hřbetu. Chodidlo je jednobarevné a sliz po celém těle bezbarvý (Horskák, Juříčková, Picka 2013). Velmi zřídka se mohou vyskytnout čistě černí jedinci.



Obr. 6 Slimák největší (foto: Michal Maňas). Převzato z AnimalBase 2003

Živí se houbami, čerstvými i hnilými rostlinami (květy, listy i kořeny), mrtvým hmyzem a lišejníky. Je agresivní ve vztahu k jiným nahým plžům, a má i kanibalistické sklony (Kozłowski 2012).

Slimák největší vykazuje velmi charakteristické epigamní i kopulační chování. K páření dochází především v noci a kopulaci lze rozdělit do několika fází. Když se setkají dva jedinci slimáka největšího připravení k páření, začnou vrtět ocasní částí svých těl. Následně se vydají hledat ideální místo pro samotnou kopulaci a lezou přitom těsně za sebou. Zadní jedinec se ústním otvorem dotýká špičky ocásku vedoucího partnera. Slimáci největší se páří ve výškách, a to buď na kmenech a větvích stromů či na různých stěnách. Po nalezení ideálního místa na páření oba partneři přibližně hodinu aktivně vylučují množství slizu, který je pevně přichytí k podkladu. V této fázi jsou stále v poloze těsně za sebou. Když se dostatečně připevní k podkladu, stočí se tak, že vzájemnou pozici

těl vytvoří kruh. Nakonec se vzájemně propletou do spirály. V této chvíli se obvykle spustí z vyvýšeného místa a visí pouze za slizový pruh. Následně začne páření, při kterém se oba jedinci propojí penisy a vzájemně si vymění spermie. Po transferu spermatoforů páření končí a spojení je přerušeno. Slimáci následně odlézají z místa páření a přitom olizují sliz, který předtím vyprodukovali (Langlois 1965).

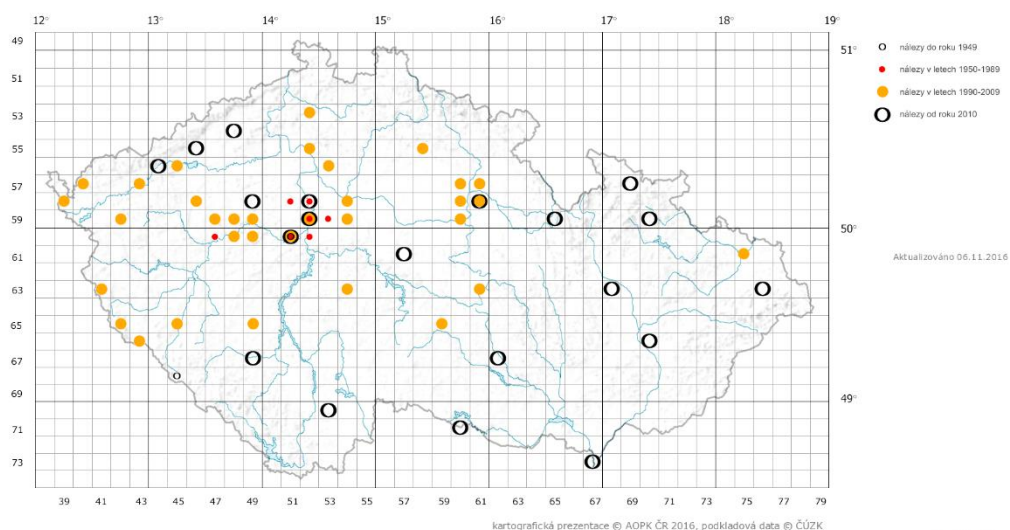
Slimák největší se stal jedním z živočichů, na kterých byly zkoumány cirkadiánní rytmy, tedy biologické rytmy s periodou přibližně 24 hodin, ve které se pravidelně opakují změny fyziologických funkcí. U slimáka největší zkoumali vědci (Sokolove et al. 1977) pohybovou aktivitu během 24 hodin v závislosti na osvit. Pokus prováděli v laboratořích a experimentální noc byla dlouhá 12 hodin. Zjistili, že nejaktivnější jsou slimáci krátce po zhasnutí světla, v reálných podmínkách tedy po setmění. Tato aktivita trvá přibližně dvě až tři hodiny. Celková denní aktivita je následně devíti- až desetihodinová (Sokolove et al. 1977).

Slimák největší umí vhodně reagovat i na nepříznivé životní podmínky, konkrétně na sucho, při kterém dochází k odpařování vody z těla a následné dehydrataci. Slimáci dýchají dýchacím otvorem, ale i celým povrchem těla, a v obou případech dochází k rychlejšímu oparování vody. Když nastanou špatné podmínky, slimák největší dokáže jemně ovládat svůj pneumostom, který má déle uzavřený, a otevírá ho jen na krátkou dobu, aby zamezil odpařování vody. Když je suchu vystavena skupina slimáků, shlukne se tak, že se všichni jedinci navzájem dotýkají, rovněž aby minimalizovali ztráty vody (Prior et al. 1983).

Slimák největší žije na vlhkých místech v převážně v kulturní krajině jako jsou sady, zahrady, parky, skládky odpadu, skleníky, sklepy a sklady, kde se uskládňuje například ovoce a zelenina. Je to synantropní druh, který se vyskytuje v blízkosti budov i uvnitř nich. Přezimuje ve sklepech, kanálech nebo v kompostu (Kozłowski 2012).

Když se přemnoží na zahradě, škodí žírem na zelenině i okrasných rostlinách stejně intenzivně jako například plzák španělský. Ožírání kořeny, listy i květy rostlin (Horsák, Juříčková, Picka 2013).

Do ČR se dostal z jihozápadní Evropy, a v současnosti se vyskytuje po celém našem území (Obr. 7). Jeho původ můžeme hledat i v jižní Africe a Malé Asii (Kozłowski 2012). I tento druh byl zaznamenán na některých českých hradech a zříceninách (Juříčková 2005), například na Ratajích, Kumburku, Himltejnu, Horních Lubech, Vyšehořovice a Kunětické hoře.



Obr. 7 Výskyt slimáka největšího v ČR podle záznamů v databázi AOPK ČR z roku 2016.

Převzato z PortalNature 2016

3.3 Slimák popelavý

Čeleď: slimákovití (Limacidae)

Rod: slimák (*Limax*)

Druh: slimák popelavý (*Limax cinereoniger* (Wolf, 1803))

Nahý plž slimák popelavý (Obr. 8) se dorůstá délky až 150 mm. Tento velký slimák je barevně velmi variabilní: může být celý černý nebo v různých kombinacích tmavých a světlých pruhů; vzácně se mohou vyskytovat i celý světlí jedinci. Ve vyšších nadmořských výškách (stejně jako v případě podkornatky žíhané) nacházíme melanické populace či jedince zbarvené do cihlově červené barvy. Dobrým identifikačním znakem je zbarvení chodidla: chodidlo je zespodu charakteristicky pruhované. Dva postranní pruhy jsou tmavošedé, mezi nimi leží výrazně světlejší – bělavý či bělošedý – středový pruh. Pruhovaný chodidlový vzor je dobře patrný i u velmi světlých jedinců. U mladých jedinců slimáka popelavého může docházet k záměně se slimákem velkým. Na rozdíl od tohoto druhu má však slimák popelavý vždy jednobarevný štít. Kýl dosahuje do poloviny hřbetu a je velmi často světle, kontrastně zbarven (Horsák, Juříčková, Picka 2013).



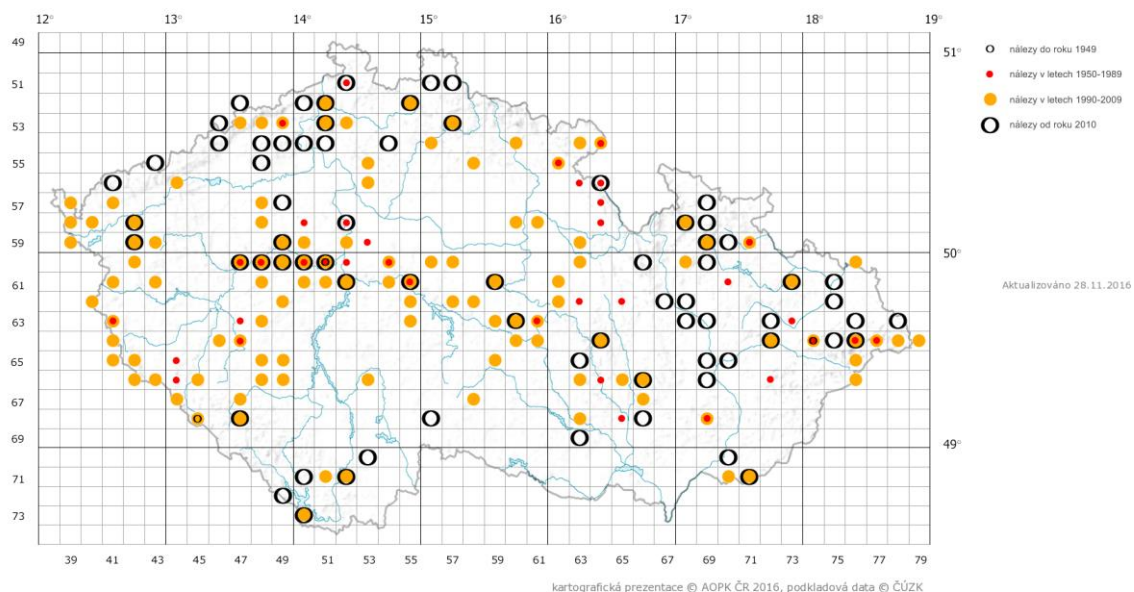
Obr. 8 Slimák popelavý – méně běžně zbarvená tmavá varianta s dobře patrným světlým kýlem (foto Welter Schultes). Převzato z AnimalBase 2010

Slimák popelavý se živí převážně houbami a hnilými částmi rostlin. Vyskytuje se ve všech typech lesů a lze ho nalézt v nížinách i ve vyšších, horských, polohách (Horsák, Juříčka, Picka 2013).

Má podobný rozmnožovací rituál jako slimák největší a k páření rovněž dochází na stromech. Pohlavní partneři jsou ke kůře přichyceni značným množstvím slizu, který vyprodukovali; na slizový provazec se však nespouštějí. Vajíčka nejsou kladena do půdy, ale do mechu. Mláďata se líhnou po 20–30 dnech a měří o 8–9 mm (AnimalBase 2013). Determinace dospělců je díky charakteristickému zbarvení chodidla jednoduchá a většinou jednoznačná; mláďata bez charakteristického zbarvení se však podobají dalším druhům českých zástupců čeledi slimákovitých. Tvarem a kresbou jsou nesmírně podobná podkornatce žíhané (*Lehmannia marginata*). Odlišují se však nápadným kýlem, tvořícím světlou linii v zadní polovině hřbetu. U mláďat rodu *Lehmannia* je kýl téměř nezatelný, zato mají typický výrazný světlý středový proužek, které naopak běží až ke štítu. Liší se rovněž skulpturací pokožky: povrch těla podkornatek je hladký, avšak pokožka i velmi mladých slimáků na sobě nese výrazné papily (Horsák, Juříčková, Picka 2013).

Slimák popelavý je hojný druh, vyskytující se po celém území ČR (obr. 9) i Slovenska (Horsák, Juříčková, Picka 2013). Obvykle nezasahuje do nížinných luhů, naopak jej lze potkat i na hřebenech vyšších hor (Králický Sněžník). Hojně se vyskytuje i na českých hradech a zříceninách (Juříčková 2005), a to například na Dívčím Kameni, Rohovci u Havlíčkova Brodu, Vítkově Kameni u Lipna, Rychlebu, Netřebu či na Sedleckém Hradu.

Slimák popelavý byl zaznamenán ve Velké Británii a Irsku (Anderson 2005), Polsku (Sulikowska-Drozd 2007), Rumunsku a Bulharsku (AnimalBase 2013).



Obr. 9 výskyt slimáka popelavého (*Limax cinereoniger*) dle záznamů AOPK ČR z roku 2016.

Převzato z PortalNature 2016

3.4 Plžík žlutý

Čeleď: slimákovití (Limacidae)

Rod: plžík (*Malacolimax*)

Druh: plžík žlutý (*Malacolimax tenellus* (O.F. Müller, 1774))

Gracilní nahý plž, který dorůstá délky 45 až 50 mm. Štít má přibližnou délku 11,3 mm. Plžík žlutý (Obr. 10) má na svou délku poměrně zavalité tělo a v zadní části má naznačený kýl. Jeho zbarvení je velmi variabilní a pohybuje se v různých odstínech žluté. Rovněž sliz, který plžík produkuje, je žlutý. Tykadla jsou tmavě zbarvena (Outeiro et al. 1988).

Plžík žlutý patří mezi hermafrodity, takže tvoří pohlavní buňky obou typů. Hermafroditická žláza je kulovitěho tvaru a hnědé barvy. Vajíčka a spermie jsou odsud vedena hermafroditickým duktem, který je dlouhý, tenký a hladký a na konci se rozšiřuje a má bílou barvu. Dále jsou vajíčka a spermie vedena spermoviduktem, který je však krátký. Na spermovidukt se napojuje bursa copulatrix, která má kulovitý tvar. Dále se pohlavní soustava rozděluje na pochvu a penis. Krátký silný válcovitý penis s vnější

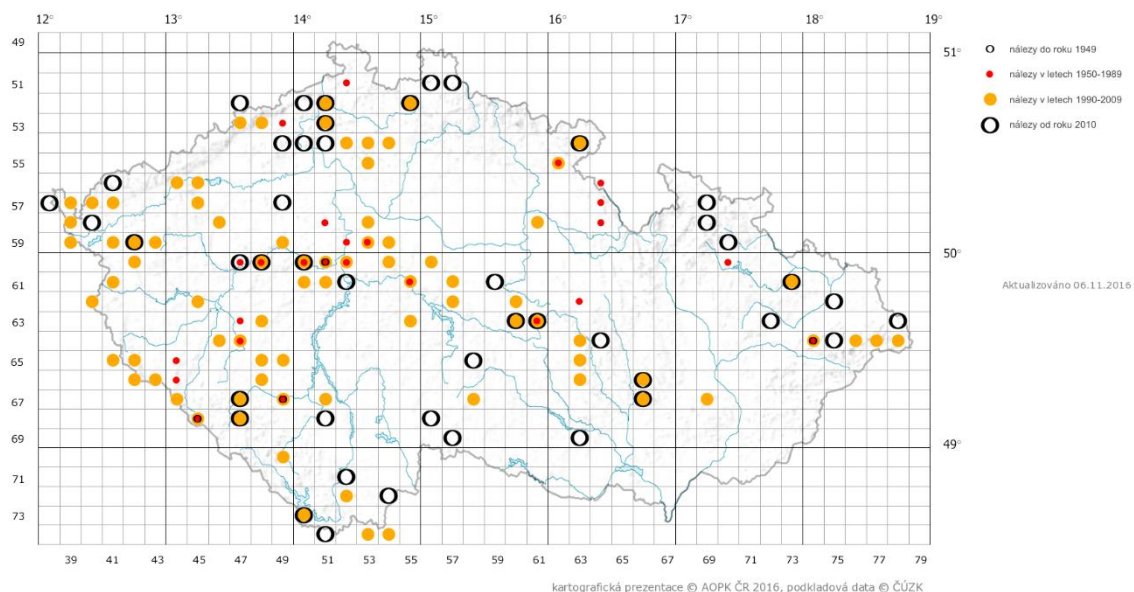
hladkou stěnou vytváří spermatofory, obsahující spermie (Outeiro et al. 1988). Jednoznačné určení však lze provést i na základě vnějších morfologických znaků, především zbarvení (Horsák, Juříčková a Pícka, 2013).



Obr 10. Plžík žlutý (foto Josef Grego). Převzato z AnimalBase 2005

Plžík se živí houbami a lišejníky. Plodnicemi hub si živí i v pozdním létě a na podzim a proto jej často můžeme nalézt při sběru hub (Meyer et al. 2007). Můžeme ho však objevit na (padlém) dřevě jak v listnatých, tak v jehličnatých lesích. Na území České republiky se vyskytuje hojně (viz obr. 11 – síťová mapa), ale vyhýbá se intravilánům a kulturním plochám. Na Slovensku není tak hojný jako v České republice; v jeho východní části není přítomen vůbec (Horsák, Juříčková, Pícka 2013). Je s podivem, že se vyskytuje poměrně často na hradech a zříceninách. Dokumentován je například z Českého Krumlova, Kumburku u Nové Paky, Lopaty, Rýzmběrka, Netřebi, Šostyně, Hamrštejnu, Landštejnu, Egerberku, Kalicha či Pernštejna (Juříčková 2005).

Vyjma území ČR je dokumentován také z Velké Británie (Anderson 2005), Bulharska (Irikov, Eross 2008), Lucemburska (Meyer et al. 2005), Polska (Sulikovska-Drozd 2007), Španělska a Švýcarska (Outeiro et al. 1988).



Obr. 11 výskyt plžika žlutého podle záznamů v databázi AOPK ČR z roku 2016. Převzato z PortalNature 2016

3.5 Podkonatka žíhaná

Čeled': slimákovití (Limacidae)

Rod: podkonatka (*Lehmannia*)

Druh: podkonatka žíhaná (*Lehmannia marginata* (O.F. Müller, 1774))

Nahý plž podkonatka žíhaná (Obr. 12) dorůstá délky až 70 mm. Hřbet má většinou světlé zbarvení, u většiny jedinců po stranách těla se dvěma tmavými pruhy. U tohoto nahého plže se vyskytuje široká barevná variabilita: pruhy se mohou rozpadat v řadu skvrn; nalézt můžeme i uniformě světle zbarvené jedince (viz obrázek 12). Ve vyšších polohách se zase setkáváme s tmavými, melanickými populacemi (Horsák, Juříčková, Picka 2013). „Klasický“ zbarvení jedinci mají navíc na štítě kresbu lyrovitého tvaru, která je dobrým determinačním znakem.



Obr. 12 Podkornatka žíhaná (foto Welter Schultes). Převzato z AnimalBase 2007

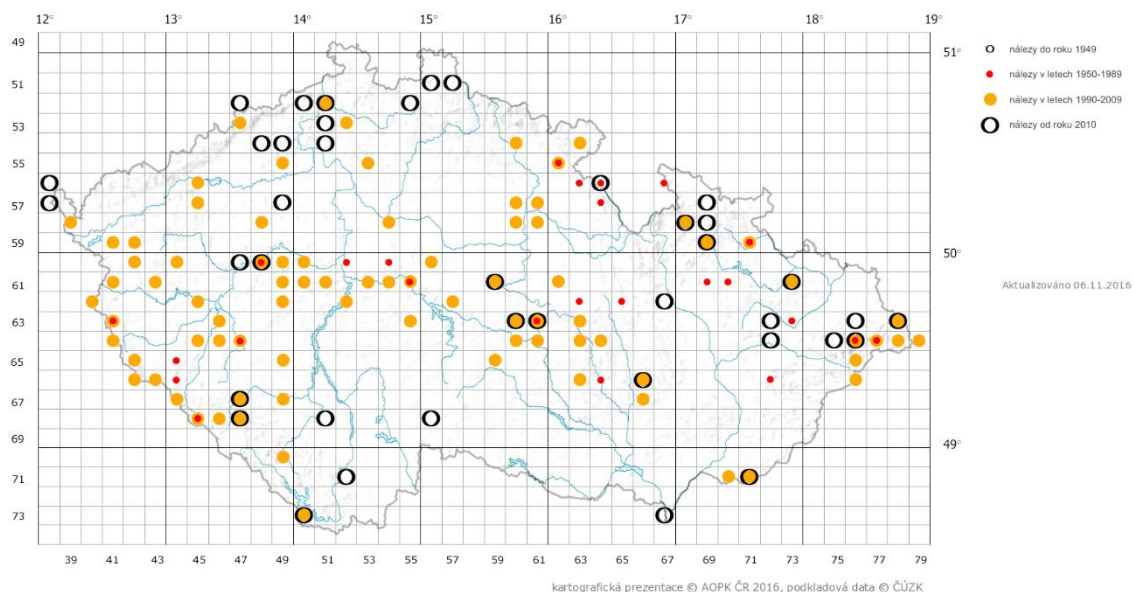
Podkornatka se živí řasami, houbami a lišejníky, proto ji nejčastěji nalezneme lézt po kmenech stromů i v poměrně velkých výškách; také na padlém dřevě. Za sucha se ukrývá pod kůrou či ve štěrbinách blízko stromů; za vlhkého počasí vylézá na povrch. Obvykle obývá míšené, ale i smrkové lesy smrkových lesích (Horsák, Juříčková, Picka 2013).

Snáší oválná vajíčka, která zahrabává pod zem. Líhnutí probíhá několikrát do roka. Čerstvě vylíhlá mláďata jsou poměrně velká a měří 5–10 mm. Délka života je 2,5–3 roky (AnimalBase 2013).

Od ostatních zástupců rodu *Lehmanna* se nejběžněji se vyskytující podkornatka žíhaná bezpečně odlišuje anatomickým znakem – penis má pouze krátké flagellum (Horsák, Juříčková, Picka 2013).

Podkornatka žíhaná se hojně vyskytuje v lesích ČR i SR (obr. 13). Malakologové (Horáčková, Dvořák 2008) zaznamenali tohoto nahého plže i v oreofytiku, jižní části Českého Lesa, a to jak v bučinách, tak olšinách. Jsou však i oblasti, kde se podkornatka překvapivě nevyskytuje: Juříčková (2008) při zkoumání oblasti NPR Voděradské Bučiny zjistila, že zde nebyl potvrzen výskyt tohoto druhu, přestože v širším okolí je tento nahý plž zcela běžný.

Vyjma České a Slovenské republiky se podkornatka vyskytuje také ve Velké Británii a Irsku (Anderson 2005), Švýcarsku, Německu a Francii (Animalbase 2013).



Obr. 13 Výskyt podkornatky žíhané (*Lehmannia marginata*) dle záznamů AOPK ČR dle údajů z roku 2016. Převzato z PortalNature 2016

3.6 Slimáček síťkovaný

Čeleď: Slimáčkovití (Agriolimacidae)

Rod: slimáček (*Deroceras*)

Druh: Slimáček síťkový (*Deroceras reticulatum* (O.F. Müller, 1774))

Nahý plž slimáček síťkovaný je jedním ze statnějších zástupců čeledi Agriolimacidae, a může dorůst velikosti až 60 mm. Barevně je značně variabilní, v přírodě ho tedy nalezneme v různých barevných variacích. Nejčastěji bývá zbarvený béžový s hnědým mramorováním či jakoby síťováním (obr. 14), které může být slabé nebo velmi výrazné. Vyskytují se však i téměř jednobarevní jedinci. Má bezbarvý sliz, který však při podráždění získává výrazné mléčné zakalení. (Horsák, Juříčková, Picka 2013). Mléčné zakalení slizu slouží slimáčkovi jako ochrana před predátory, mělo by je to odradit. Jedni z predátorů slimáčka síťkovaného jsou brouci z rodu střevlíčků, a to například pohrázník černý (*Nebria brevicollis*). V některých případech nejsou střevlíčci odrazeni, a slimáčka napadnou (Mair et al. 2002).

U slimáčka síťkovaného může dojít k záměně s jinými druhy z rodu *Deroceras*, a to především se slimáčkem polním (*D. agreste*), protože se často vyskytují společně. Vzhledově je však odlišuje zbarvení – slimáček polní má tmavou hlavu a jen zřídka skvrnitě zbarvení. Problematické bývá i odlišení slimáčka síťkovaného od slimáčka lesního (*D. praecox*), slimáčka světlého (*D. rodnae*) a slimáčka balkánského (*D. turcicum*). Přesná determinace je možná pouze na základě pitvy a porovnání morfologie kopulačního ústrojí. Slimáček síťkovaný má široký penis s charakteristickým trsem přídatných žlázek a dráždící těleso je výrazně kuželovité na konci s ohnutou špičkou (Horsák, Juříčková, Pícka 2013).



Obr. 14 slimáček síťovaný (foto Jozef Grego). Převzato z AnimalBase 2005

Životní cyklus slimáčka je poměrně jednoduchý, v závislosti na lokálním klimatu však může na různých místech Evropy probíhat mírně odlišně. Ve střední Evropě slimáček vytváří ročně dvě generace a hlavní reprodukční fáze nastává v létě a na podzim. Přezimují vajíčka a někdy také mladí jedinci (Animalbase 2013)

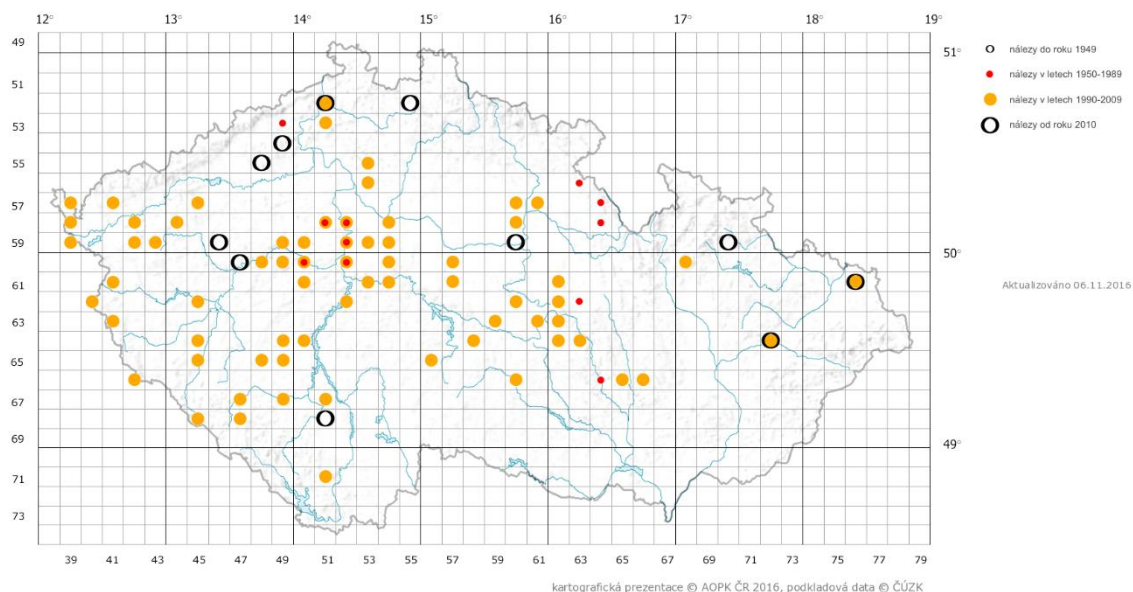
Slimáček síťovaný patří mezi největší škůdce kulturních plodin, jako jsou brkev řepka neboli řepka olejka (*Brassica napus* subsp. *napus*), pšenice ozimá, ale také různá zelenina, ovoce, okrasné rostliny a mnoho druhů luštěnin, včetně vlního bobu (Kozłowski et al. 2016).

V mnoho evropských zemích je to nejrozšířenější slimáček. Má všechny předpoklady velkého zemědělského škůdce: vysokou reprodukční schopnost a poměrně rychlý životní cyklus. Je to všežravec. Dospělci dokáží v klubkách přezimovat v zoraném poli pod hroudami hlíny. Na orných půdách tak často dochází k přemnožení slimáčka síťkovaného, který následně působí značné zemědělské škody. K okusu dochází nejčastěji od jara do podzimu a podzimní škody zasahují především semena a klíčící rostliny již

vyšetých rostlin, kterými je například řepka olejka. Zemědělci proto hledají co nejúčinnější způsoby boje proti slimáčkovi, proti kterému nejsou chemické preparáty účinné. Zkoumají se proto vlastnosti rozličných pěstovaných rostlin, které by mohly slimáčkovi zabránit poškozovat užitkové rostliny pěstované na polích.

Jednou z možností ochrany je nabídnout slimáčkovi sítkovánému jiný zdroj potravy, tedy rostlinu, která by se zasadila okolo zemědělcem pěstované plodiny tak, aby slimáček spásal nabízenou rostlinu a plodinu samotnou již neožíral. Druhým směrem výzkumu je hledání rostlin, které slimáčkovi „nechutnají“. Výtažky z nich mohou snížit chutnost ohrožených pěstovaných plodin, o které tak slimáčci ztratí zájem. Polští vědci (Kozłowski a Kozłowska) se rozhodli nabídnout slimáčkovi pestrou škálu rostlin, a pozorovali, které bude preferovat, a které mu naopak chutnat nebudou. Mezi nabízené rostliny patřili hulevník lékařský (*Sisymbrium officinale*), turanka kanadská (*Erigoron canadensis*), kopr vonný (*Anethum graveolens*), ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli*), jestřábník chlupáček (*Hieracium pilosella*), netýkavka žláznatá (*Impatiens roylei*), rozmarýna lékařská (*Rosmarinus officinalis*), jitrocel prostřený (*Plantago media*), mák polní (*Papaver argemone*), konopice polní (*Galeopsis tetrahit*), straček obecný (*Senecio vulgaris*), vrbovka bahenní (*Epilobium palustre*), kuklík městský (*Geum urbanum*) a zlatobýl kanadský (*Solidago canadensis*). Rostliny byly vystaveny okusu slimáčky 14 dnů. Po prvním dni byli nejvíce poškozené hulevník lékařský a turanka kanadská; vůbec nedošlo k pastvě na kopru vonném, ježatce kuří noze, jestřábníku chlupáčku, netýkavce žláznaté a rozmarýnu lékařském. Další den se zvýšilo poškození na turance kanadské a rozmarýně lékařské. Po 14 dnech byly nejvíce poškozeny mák polní (96,5 % plochy listů), rozmarýn lékařský (89 %), turanka kanadská (75 %) a konopice polní (68,5 %). Nejméně poškozeny byly kuklík městský, straček obecný, vrbovka bahenní a zlatobýl kanadský. Autoři v závěru článku zmínili, že z rostlin, které slimáček preferoval nejméně, mohou být získány extrakty, představující novou metodu boje proti tomuto významnému škůdci (Kozłowski et al. 2007).

Slimáček sítkovaný se v ČR chová jako synantropní druh, který do volné přírody neproniká. Nalezneme ho hlavně na itřavilánech (louky, okolí silnic, pole či zahrady). Na území ČR a Slovenska se však vyskytuje v hojné míře (Horsák, Juříčková, Pícka 2013; viz obr. 15). Nalezneme ho také téměř na každém kontinentu, a to konkrétně v Evropě, Asii, Severní i Jižní Americe, Austrálii a Novém Zélandu (Kozłowski et al 2016).



Obr. 15 Výskyt slimáčka síťkovaného podle záznamů v databázi AOPK ČR z roku 2016.
Převzato z PortalNature 2016

3.7 Blednička útlá

Čeleď: bledničkovití (Boettgerillidae)

Rod: blednička (*Boettgerilla*)

Druh: blednička útlá (*Boettgerilla pallens* (Simroht, 1912))

Blednička útlá je velmi štíhlý nahý plž, dorůstající délky do 50 mm. Její zbarvení je šedavé nebo šedobílé (viz obr. 16), ale vyskytují se i žlutobílí jedinci či jedinci s nádechem do světle fialova. Má červovitý tvar těla, takže je nezaměnitelná s ostatními českými nahými plži – při pohybu zprvu připomíná žízalu či suchozemskou ploštěnku spíše než plže. Štít je ve své zadní části charakteristicky zašpičatělý do tvaru písma „V“ (Horsák, Juříčková, Pícka 2013).



Obr. 16 Blednička útlá (foto Jozef Grego). Převzato z AnimalBase 2004

Rozmnožovací soustava bledničky útlé má charakteristické rysy, které determinují tento druh. Atrium a pochva mají přibližně stejnou délku, pochva je však tenčí. Vejcovod je stejně široký jako pochva, ale kratší; penis je podlouhlý a širší než pochva. Epiphalus je masivní, a je připojen k penisu příčně v blízkosti svého zadního konce. Chámovod je stejně úzký jako penis. Bursa copulatrix, ve které se oddělují pohlavní cesty na separátní samčí a samičí, je dlouhá a masivní (Balashov et al. 2012).

Páření a kladení vajíček probíhá od léta do podzimu a opět (jako v případě slimáčka síťkovaného) a jeho přesné načasování závisí na lokálním klimatu konkrétního obývaného místa. V atlantické Velké Británii s poměrně mírným klimatem dochází ke snůšce už v pozdním létě (hlavně v září), ale v Německu jsou vajíčka snášena až na podzim, zejména v říjnu a později. Vajíčka jsou kladena ve snůškách do země a mohou být zahrabána v hloubce okolo 9–27 cm. Dospělí jedinci po naklazení vajec hynou (Gunn 1992).

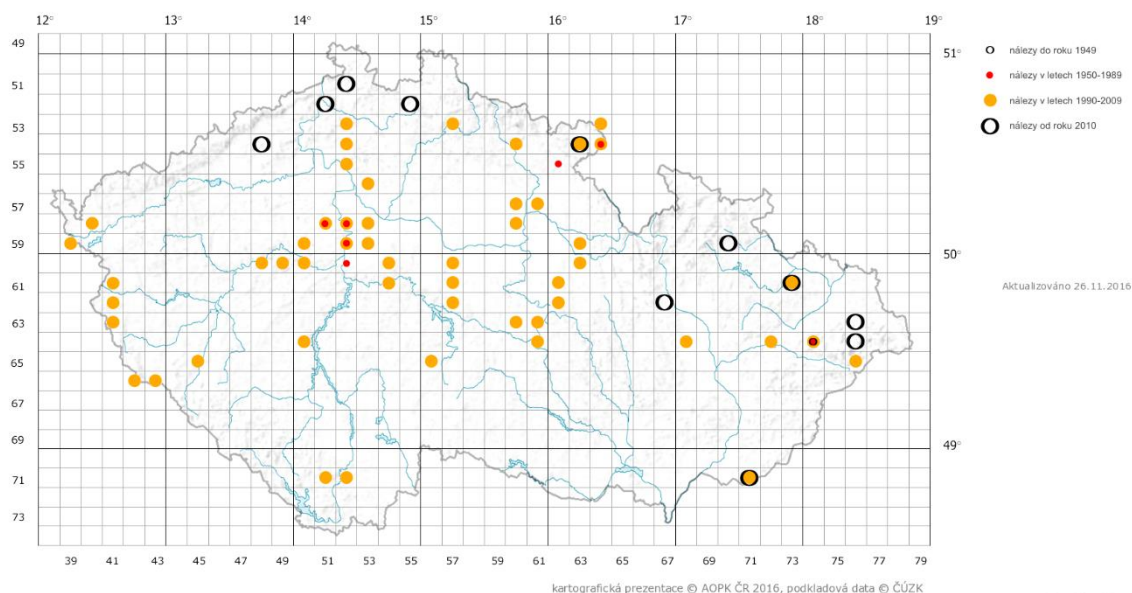
Bledničku útlou nalezneme na celé řadě stanovišť. V ČR se jedná o nepůvodní druh s především synantropním výskytem, takže ho můžeme potkat na loukách, pastvinách či v zahradách. Obývá také listnaté a jehličnaté lesy, a je tolerantní k široké škále půdních typů co se obsahu vody či vápníku týče. Rozsah půdního pH, ve kterém je schopná žít, se pohybuje mezi 3,2–7,8. Často ji nalézáme pod zemí v hloubkách až 60 cm pod povrchem, ale převážně se pohybuje v hloubkách do 30 cm. Můžeme ji nalézt pod kameny, hnijícím dřevem nebo spadaným listí. Blednička je fotofobní, ale studie prokázaly, že je nejaktivnější ve dne, avšak v podzemí (Reise et al. 2000).

Původním místem výskytu bledničky útlé je Kavkaz, odkud se během 60. let minulého století rozšířila téměř do celé Evropy (Ukrajina, Belgie, Velká Británie, ČR, Slovensko, Rakousko), ale i dál. Tento druh byl nalezen i v Kanadě nebo Kolumbii (Balashov et al. 2012).

V ČR se tento nahý plž vyskytuje průběžně na celém území (viz obr. 17), a to jak na přirozených, tak na člověkem ovlivněných stanovištích. Je zajímavostí, že tento typicky invazní plž v rámci našich měkkýších společenstev zdomácněl, přičemž nemá a ani nikdy neměl tendenci se přemnožovat a našim druhům ani viditelně nekonkuruje (Horsák, Juříčková, Pícka 2013).

Coby invazivní druh se okrajově uplatňuje i v hradních společenstvech ČR, nalezen byl na 12 zříceninách (Juříčková 2005), a to na Hlásce, Frýdštejně, Švihově, Okoři, Sv. Anně u Chebu, Starém Rybníce, Českém Krumlově, Dívčím Kameni, Sionu, Malešově, Nových Hradech a Rychmburku.

Výskyt druhu *Boettgerilla pallens* podle záznamů v ND OP



Obr. 17 výskyt Bledničky útlé (*Boettgerilla pallens*) podle záznamů APOK ČR z roku 2016. Převzato z PortalNature 2016

3.8 Plzák lesní

Čeleď: plzákovití (Arionidae)

Rod: plzák (*Arion*)

Druh: plzák lesní (*Arion rufus* (Linné, 1758))

Nahý plž plzák lesní je na území ČR největším zástupcem rodu *Arion*: dorůstá délky až 150 mm a jeho šířka je 20 mm. Barevně je značně variabilní – v přírodě můžeme nalézt celé populace různě zbarvených jedinců: černé nebo oranžovo-červené (nejrozšířenější zbarvení; viz obrázek č. 18), hnědé nebo výjimečně i žluté. Lem chodidla má zpravidla oranžový s černými svislými proužky, ale u černých jedinců může být lem chodidla celý černý (Horsák, Juříčková, Picka 2013).



Obr. 18 plzák lesní (foto Welter Schultes).Převzato z AnimalBase 2009

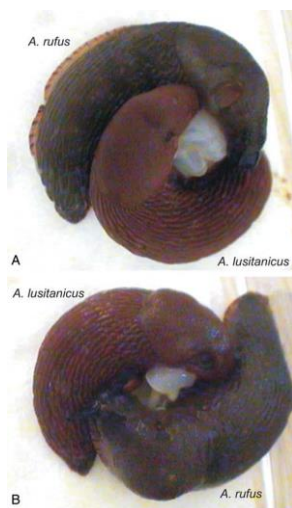
Je všežravý a má široké potravní spektrum. Pojídá jak mrtvou rostlinnou hmotu, tak čerstvé či hnilící rostliny, také houby. Žije na kompostech, zahradách i na polích, a požírá zahrádkářům nebo zemědělcům pěstované plodiny či rostliny. Mezi nejvíce preferované polní plodiny patří řepka ozimná (*Brassica napus* ssp. *napus*), brambory (*Solanum tuberosum*), pšenice (*Triticum aestivum*). Mezi preferovanou zeleninu patří mrkev obecná (*Daucus carota*), petržel (*Petroselinum crispum*), řepa červená (*Beta vulgaris* var. *vulgaris*), brukev zelná (*Brassica oleracea*), hlávkový salát (*Lactuca sativa* var. *capitata*) a fazol (*Phaseolus vulgaris*). Z okrasných rostlin preferuje astru čínskou (*Callistephus chinensis*), náprstník velkolepý (*Digitalis grandiflora*), lilii bělostnou (*Lilium candidum*), třapatku dřípatou (*Rudbeckia laciniata*), ostálku sličnou (*Zinnia elegans*), pelyněk estragon (*Artemisia dracunculus*), bolehlav plamatý (*Conium maculatum*), mák vlčí (*Papaver rhoeas*), pampelišku lékařskou (*Taraxacum officinale*) a kopřivu dvoudomou (*Urtica dioica*) a na těchto rostlinách požírá hlavně květy a listy (Kozłowski 2012).

Životní cyklus plzáka lesního trvá přibližně jeden rok. Je schopný přezimovat ve všech fázích svého vývoje, ale nejčastěji přezimují vajíčka nebo mláďata. Páření začíná v červnu a trvá až do srpna. K páření může docházet i v září a říjnu, pouze však výjimečně. Jeden jedinec snese průměrně 415 vajec, v dávkách mezi 20–250 vajíčky v jedné snůšce. Vajíčka mají oválný nebo kulatý tvar. K líhnutí mláďat dochází

v pozdním létě až na podzim. Populace plzáka lesního se zvyšují postupně od jara až do pozdního léta, kdy první populace má vrchol na konci června, a druhá má vrchol na konci září či začátku října. Početná populace se udržuje až do poloviny října (Kozłowski 2012).

Plzák lesní je velice podobný plzáku španělskému, ale je oproti němu větší a má jasnější, barevnější zbarvení. Nejspolehlivější odlišení je podle anatomických znaků na pohlavním ústrojí: plzák lesní má atrium větší, dvoudílné a asymetrické. Vejcovod má oproti plzáku španělskému tenký a krátký. Snáz se od sebe odlišují juvenilní jedinci, kteří mají odlišné zbarvení (Horsák, Juříčková, Pícka 2013).

Jelikož jsou si druhy plzák lesní a plzák španělský nesmírně podobní a vědci zkoumají, zdali se mohou tyto dva druhy křížit. Laboratorní testy, které byly provedeny, prokázaly, že oba druhy jsou ochotné k mezidruhovému páření i výměně spermatoforů. V laboratorních podmínkách k páření došlo (Dreijers et al. 2013), ale není jisté, zda k němu dochází i volně v přírodě. Vzniklá plzáčí embrya však nebyla životaschopná. Zajímavostí je, že se tyto dva druhy mohou spolu pářit i přes odlišné proporce pohlavních orgánů. Během páření (Obr. 18) museli plzáci překonat zásadní behaviorální překážku: plzák španělský se páří v kruhu, plzák lesní v odlišné pozici. I přes tuto odlišnost se pokusné smíšené páry nakonec dokázaly spojit. Došlo k vysunutí pohlavních orgánů z atria, a k jejich spojení, následně i k výměně spermatu (Dreijers et al. 2013).



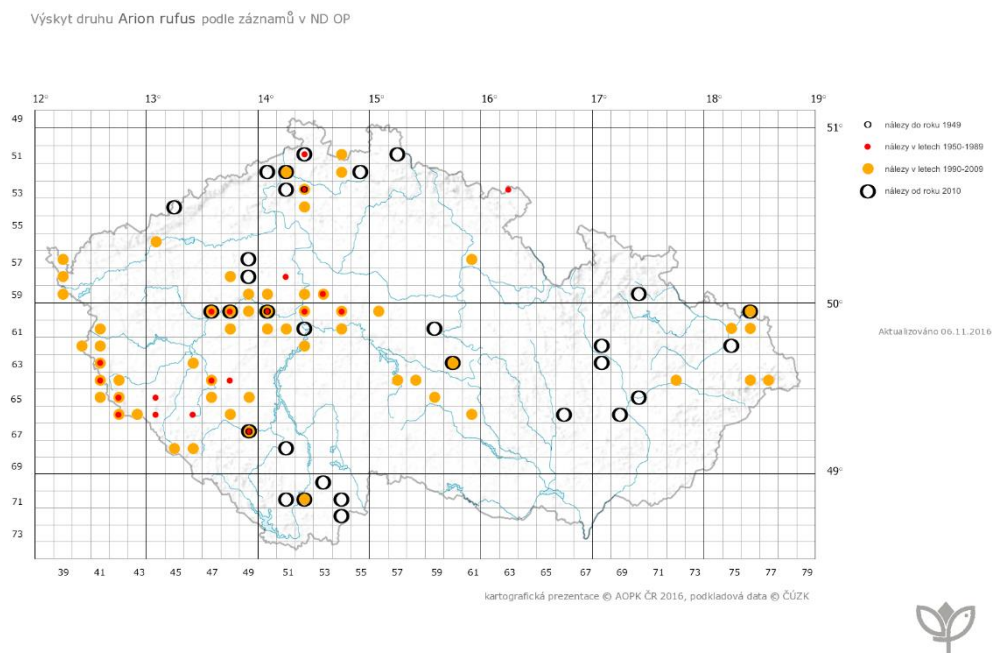
Obr. 18 Mezidruhové páření *A. rufus* a *A. vulgaris* (zde označen jako *A. lusitanicus*).

Převzato z práce Dreijerse et al. 2013

Plzák lesní obývá rozmanité biotopy, například břehy jezer a rybníků, lesy, křoviny, louky, příkopy, hřbitovy a parky (Kozłowski 2012). Je to běžný v Česku (Obr. 19) i na Slovensku (kromě východní poloviny Slovenska). V západních Čechách se vyskytují

netypicky zbarvení jedinci. Juvenilní jedinci mají tmavý hřbet a světlé boky (Horská, Juříčková, Pícka 2013).

Plzák lesní se vyskytuje hlavně v západní Evropě od Pyrenejí po Alpy, a také ve střední Evropě. Byl zaznamenán i v USA a Kanadě. Polsko je východní hranicí výskytu v Evropě. (Kozłowski 2012). Můžeme ho nalézt i ve Velké Británii, Irsku i ve Skandinávii (Anderson 2005).



Obr. 19 Výskyt plzáka lesního (*Arion rufus*) dle záznamů AOPK ČR z roku 2016. Převzato z PortalNature 2016

3.9 Plzák hnědý

Čeleď: plzákovití (Arionidae)

Rod: plzák (*Arion*)

Druh: plzák hnědý (*Arion fuscus* (O.F. Müller, 1774))

Plzák hnědý (Obr. 20) patří mezi středně velké plzáky a dorůstá délky nejvýše 70 mm. Barevně je tento druh značně variabilní, na našem území se nachází převážně oranžovohnědě zbarvení jedinci, který mají na bocích výrazné tmavé pruhy. Tyto pruhy se táhnou i přes štít. Na vlhkých stanovištích, a to zejména v nivách řek, vytváří často statné jednobarevně zbarvené jedince, šedé či hnědavé, a ani jedna z těchto forem nemá

tmavé pruhy. Skvělým determinačním znakem je však oranžově zbarvený sliz na hřbetní straně těla. Otisk slizu si lze prohlédnout na obrázku č. 27 v kapitole 4.3 Otěrometrie (str. 53). Chodidlo všech jedinců je bílé (Horsák, Juříčková, Picka 2013).



Obr. 20 Plzák hnědý (foto Michal Maňas). Převzato z AnimalBase 2004

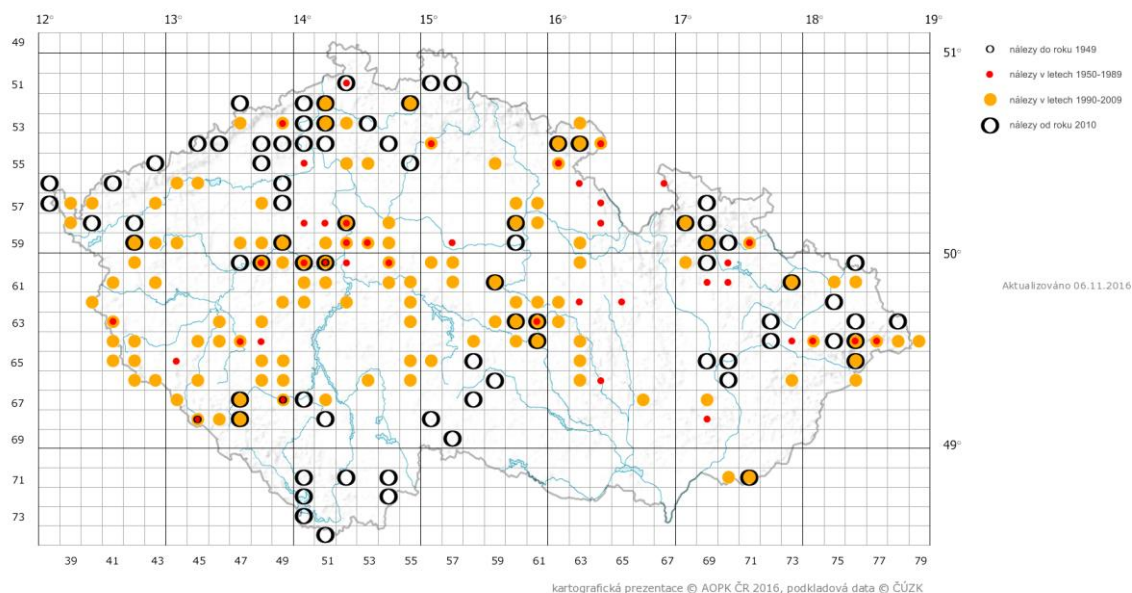
Plzák hnědý se živí houbami, řasami a lišejníky (Cameron 2009).

Taxonomická pozice plzáka hnědého (*Arion fuscus*) v posledních několika letech prodělala značné změny: druh měl nejasné postavení vůči morfologicky značně podobnému *Arion subfuscus* (Draparnaud, 1805). Díky výzkumům zaměřeným na genetiku, anatomii a také geografické oblasti, které plzák obývá, se nakonec ukázalo, že se jedná o dva druhy, z nichž se však na území ČR vyskytuje jediný – *A. fuscus*. Morfologické odlišení obou druhů bylo téměř nemožné, avšak zkoumání DNA jaderných i mitochondriálních genů odhalilo dvě hlavní evoluční linie *A. fuscus* (jednu na Balkáně a druhou v Alpách); a centrum rozšíření *A. subfuscus* v západní Evropě. Oblasti výskytu obou druhů se překrývají hlavně v severozápadní Evropě, a v této oblasti je nesnadné určit, o který druh se jedná. Plži vyskytující se v jihovýchodní a severní Evropě však patří pouze ke druhu *Arion fuscus* (Jordaens et al. 2006).

Vyskytuje se v lesích na celém území ČR (Obr. 21); snáší i značně kyselé prostředí, takže ho můžeme potkat i na rašeliništích (Horsák, Juříčková, Picka 2013). Zaznamenán byl i v místech s relativně drsným klimatem, například v jižní části Českého lesa v PP Salka porostlé acidofilními bučinami na místě těžby kyzové břidlice (Horáčková et al. 2008). V takto nehostinném místě s výrazně vystupujícím kyselým podložím a v porostu smrku byl nalezen právě plzák hnědý. Tento druh se běžně vyskytuje v olšinách, podél většiny toků i nádrží.

Plzáka hnědého může nalézt ve střední Evropě a v Irsku, přestože v posledně jmenovaném se vyskytuje spíše sesterský druh *Arion subfuscus* (Anderson 2005).

Výskyt druhu *Arion fuscus* podle záznamů v ND OP



Obr. 21 Výskyt plzáka hnědého (*Arion fuscus*) dle záznamů AOPK ČR z roku 2016.

Převzato z PortalNature 2016

3.10 Plzák španělský

Čeleď: plžákovití (Arionidae)

Rod: plzák (*Arion*)

Druh: plzák španělský (*Arion vulgaris* (Moquin-Tandon, 1855))

Plzák španělský (Obr. 22) patří mezi velké zástupce plžáků a dorůstá délky až 120 mm. Zbarvení je v různých odstínech hnědé až po oranžovohnědé barvy, vždy jakoby ušpiněné (Horsák, Juříčková, Picka 2013). Nikdy nenabývá černé barvy a vyjma mláďat je zbarvení zcela homogenní, bez vzorování. Mláďata mají výrazně pruhované zbarvení, podobné adultnímu zbarvení plzáka hnědého. Dobrým odlišovacím znakem je barva slizu: zatímco i nejmenší mláďata plzáka hnědého mají sliz jasně oranžový, mláďata plzáka španělského mají sliz čirý a bezbarvý. Jen nemnozí dospělci mají sliz žlutavý či světle oranžový; vždy však čirý a výrazně světleji zabarvený než p. hnědý.



Obr. 22 Plzák španělský (foto Welter Schultes). Převzato z AnimalBase 2007

Životní cyklus plzáka španělského trvá jeden rok. V poslední době jsou v ČR nalézáni i jedinci s odhadovaným stářím až na tři léta, jedná se však o výjimky. Plzáci hynou většinou po snůšce, a vajíčka jsou kladena nejčastěji v pozdním létě či časném podzimu, konkrétně od srpna do září, kdy rodičovští jedinci dosáhli dospělosti. V jedné snůšce je od 200 do 400 vajíček, a mají kulatý nebo oválný tvar s průměrnou velikostí 4 mm. Vajíčka jsou obalena slizem, aby držela pohromadě a nevysychala. Snůšku mateřský jedinec klade do úkrytů, a můžeme je nalézt na zahradách, polích, ve sklenících, na loukách, v sadech a okrasných zahradách, houštinách, parcích, hřbitovech či příkopech; často jsou kladena i poblíž řek nebo potoků. Konkrétní místa úkrytu jsou pod zeleninou, tlející vegetací, větvemi, v pařezech, pod kameny či v zemních štěrbinách. Líhnutí mladých jedinců probíhá v listopadu či prosinci, anebo následují rok na jaře, protože vajíčka jsou schopná přezimovat. Na jaře se mláďata začínají líhnout, až když teplota vystoupá nad 6 °C a dlouhodobě se na této úrovni drží. Duben je nejzazší termín, kdy dochází k líhnutí. Na podzim vylíhlá mláďata jsou schopná úspěšně přezimovat (Kozłowski 2007).

Plzák španělský má specifický styl páření (obr. 23), který má čtyři fáze: rozpoznání vhodného partnera, námluvní tanec, samotná kopulace a rozchod partnerů. První fází je rozpoznávání vhodného partnera, probíhající za pomoci slizových stop, které zanechávají plzáci při pohybu. Po setkání se k sobě přiblíží a navzájem si oškrabují sliz radulami a koušou se. Tato počáteční fáze trvá 10–24 minut (Kozłowski et al. 2001). Druhá fáze, tzv. námluvní tanec, nastává ihned po rozpoznání jedinců. Oba plzáci se plazí po téže kruhové dráze a pozorují se. Rychlost plazení je v této fázi poměrně velká. Oba jedinci během plazení produkují množství slizu, který ze sebe navzájem olizují. Po uplynutí několik minut se jejich pohyby zpomalí, a zmenšuje se i kruh, který původně opisovali. Ve druhé

fázi ještě může dojít k přerušení námluvního rituálu: jeden jedinec může odmítnout pohlavně nedostatečně pohlavně vyspělého jedince nebo je chování jednoho z partnerů pro druhého nepřijatelné a kopulace je předčasně ukončena. Když takto situace nenastane, probíhá příprava na páření dál. Plzáci se stále pohybují v kruhu, ale jejich rychlost neustále klesá. Začínají nastavovat ústí pohlavního ústrojí (atria) tak, aby je měli naproti sobě. Tato druhá fáze trvá průměrně 17 minut (Kozłowski et al 2001). Třetí fáze začíná vychlípáním pářících orgánů, jimiž se partneři navzájem spojí, aby mohlo dojít k výměně spermií. Skrz atrium vysunou plzáci kopulační orgány. V této fázi se plzáci španělští téměř nehýbají, jsou viditelné pouze pomalé pulzující pohyby atria. Spermatofor se vytvoří v epifalu, a následně je vsunut do pochvy partnera. Dýchací otvory v této fázi zůstávají otevřené a oční a hmatové stopky napůl zatažené. Tato nehybná fáze trvá v průměru necelé čtyři hodiny (Kozłowski et al. 2001). V poslední, čtvrté fázi se plzáci opět začínají pohybovat. Snaží se zatáhnout své pohlavní orgány, ale jsou stále propojeni přes spermatofory, a krouží kolem sebe. Jelikož jsou spermatofory navzájem zachyceny zoubky, je spojení poměrně silné. Po oddělení pohlavních orgánů mají plzáci vysunutá tykadla a jejich dýchací otvory jsou široce otevřené. Plzáci mají již kompletně retrahovaná atria i kopulační orgány. Oba plzáci opouští kruh, ve kterém se pářili v této fázi, ale neustále produkují velké množství slizu, který navzájem olizují. Poslední fáze trvá průměrně 11 minut (Kozłowski et al. 2001).



Obr. 23 páření dvou jedinců plzáka španělského (foto Vladimír Motyčka).

Převzato z biolib 2016

Plzák španělský je typický invazivní živočich, protože jeho pronikání a šíření ohrožuje především rostlinnou biologickou rozmanitost; a je velmi schopný přizpůsobit se novým podmínkám. Plzák je velmi úspěšný ve své invazi, a má jen málo přirozených nepřátel,

kterí by redukovali jeho počet. Je velmi plodný, jelikož může naklást až 400 vajíček v průběhu své reprodukční sezóny. Má široké spektrum přijímané potravy viz Kapitola 4.5 potravní preference (Păpureanuová et al. 2014).

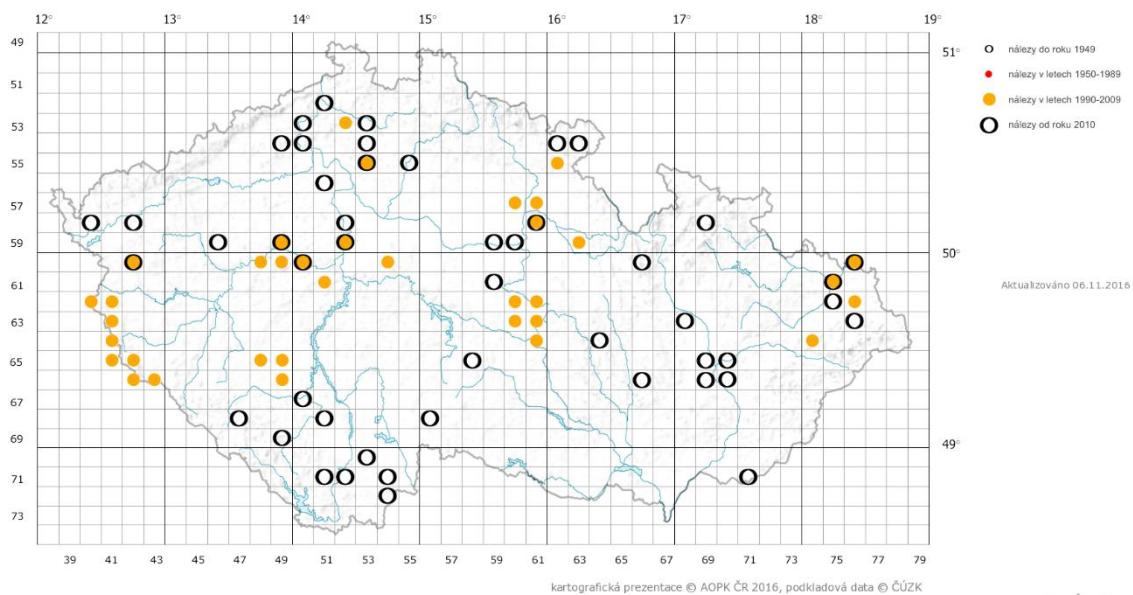
Plzák španělský je schopen adaptovat se na velmi odlišná stanoviště, ale v místě svého původního areálu preferoval vlhká stanoviště a je pro něj typická vazba na atlantické klima. Bohužel není známo, co mu umožňuje přežívat jiné klimatické podmínky (Juříčková 2006).

Je to velmi obávaný škůdce v zahradách a na polích, přes den se ukrývá na vlhkých místech, pod listy, prkny, kameny, v noci z úkrytů vylézá a škodí ožíráním pěstovaných, zeleniny či ovoce (Horsák, Juříčková, Picka 2013).

V boji s tímto invazivním druhem, mají zahrádkáři několik možností, buď používat chemické moluskocidy (Vanish Slug Pellets, Ferramol, Mesurol Schneckenkorn), nebo zvolit biologický preparát sestávající z vajíček malakofágní hlístice *Phasmarhabditis hermaphrodita* (obchodní název NemaSlug). Mohou také na zahradě instalovat různé barikády či si vyrobit pivní past (Vítková 2014; str. 43).

V ČR byl plzák španělský poprvé zaznamenán v roce 1991 v Praze (Juříčková 1995). Na Olšanských hřbitovech našla tři dospělé jedince, pokusila se vyhledat i mláďata, což se však nezdařilo. První lokalitou, kde se začal masově vyskytovat plzák španělský, bylo okolí řek Radbúzy a Mže v Plzni (Juříčková 1995). V roce 2001 byl nalezen v poměrně vysokých nadmořských výškách 885 m, resp. 925 m n. m., konkrétně v Českých Žlebech. A hned následující rok byl dokonce nalezen ve výšce 1025 m n. m. na Nových Hutích (Dvořák et al. 2003). Nejčastěji však obývá kulturní plochy a v současnosti se vyskytuje prakticky po celém území ČR (Obr. 24), s výjimkou nejvyšších nadmořských výšek (Horsák, Juříčková, Picka 2013). V posledních letech se vyskytuje nejen synantropně, ale začíná pronikat do volné přírody (Janovský Z., 2016, osobní sdělení).

Plzák španělský patří mezi západoevropské druhy a jeho původním areálem je severní část Pyrenejského poloostrova, západní France a jih Velké Británie (Rabitsch 2006). V dnešní době plzák španělský osídlil prakticky celou Evropu, lze ho nalézt v Dánsku, Polsku, Rakousku, Maďarsku, Chorvatsku, Itálii, Slovensku, Německu, Belgii, Norsku, Litvě, Lotyšsku, Ukrajině, Srbsku a Slovinsku (Kozłowski 2007).



Obr. 24 Výskyt plzáka španělského (*Arion vulgaris*) podle záznamů AOPK ČR z roku 2016. Převzato z PortalNature 2016. Protože se jedná o invazivní druh, jehož výskyt již není mapován, je pravděpodobné, že rozšíření je daleko plošnější než mapka ukazuje.

4 Laboratorní úlohy

Praktická část mé diplomové práce zahrnuje soubor laboratorních úloh s nahými plži. Všechna pozorování i pokusy jsem prováděla v laboratoři katedry biologie a environmentálních studií Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy (M. Rettigové 4, Praha 1); využila jsem rovněž prostor nekuřáckého dvorku budovy PedF UK. Všechny plže, se kterými jsem pokusy prováděla, jsem nasbírala společně se svou školitelkou a pozorování byla prováděna výhradně pod její supervizí.

Pro všechny úlohy platí následující upozornění: je důležité, aby všichni účastníci pozorování a pokusů byli při jejich provádění ve škole náležitě soustředění. Žáci také musí být upozorněni, že i plži vykazují určitou míru individuality a proto se jejich reakce na stejné podněty mohou (výrazně) lišit. Zároveň nesmí zapomínat, že i přesto, že k nahým plžům mohou zprvu cítit odpor, je nezbytné chovat se k nim stejně opatrně jako k ostatním živým tvorům.

Na následujících stránkách naleznete celkem 9 laboratorních úloh, sahajících od prostého pozorování až po pitevní praktikum. Společně tvoří komplexní představení nahých plžů, k jednorázovému provedení a ozvláštnění hodin přírodopisu či biologie lze využít i jednotlivé návody.

4.1 Pozorování morfologických rozdílů mezi různými rody nahých plžů.

Mnoho žáků se v přírodě setkalo s nahými plži, ale pro většinu z nich jsou to prostě "slimáci", kteří jsou jen "různě velcí" a "jinak barevní". První úloha jim ukáže, že to tak není. V úvodních kapitolách 3.1- 3.10 jsou podrobněji popsáni rody a konkrétní druhy nahých plžů, kteří se mohou vyskytovat na území ČR.

Nejsme každý slimák

V úloze by se žáci měli naučit rozeznávat různé druhy nahých plžů, které naleznou v přírodě. Tyto druhy by mezi sebou měli umět rozeznat, pojmenovat, a zařadit do čeledi. K dispozici bude několik druhů nahých plžů, které budou žáci pozorovat, a určovací příručka (doporučuji použít zjednodušený dichotomický determinační klíč ze str. 13 -14 této diplomové práce.

Materiální vybavení:

- Různé druhy nahých plžů

- Klíč k určování nahých plžů (Kapitola 3)
- Pravítko
- Skleněná desku
- Lupa
- Papír
- Psací potřeby
- Pastelové barvy
- fotoaparát

Experimentální uspořádání

Žákům bude předloženo několik živých jedinců různých druhů nahých plžů a jejich úkolem bude prosté pozorování. Nejprve si každého nahého plže důkladně prohlédnou ze všech stran. Nezbytná je při tomto úvodním pozorování skleněná deska, na kterou pozorovaného jedince umístí, aby se jej nemuseli dotýkat rukama a zbytečně jej nerušili ani nevysušovali. Patrnou se díky umístění na sklo stává také spodní strana těla, chodidlo, nesoucí důležité morfologické znaky využitelné k determinaci.

Nejprve společně s vyučujícím-vedoucím praktika žáci určí všechny pozorované plže za pomoci publikace *„Měkkýši České a Slovenské republiky“*. Tato kniha díky množství doprovodných fotografií umožňuje přesné určení druhu nahého plže; je však poměrně složité s ní bez předchozích zkušeností pracovat. Nejedná se o dichotomický klíč, ale o rozsáhlý atlas (celkem se v ČR vyskytuje 28 druhů nahých plžů). Proto je vhodnější použít zjednodušený klíč (viz kapitola 3, kde ten zjednodušený klíč bude k dispozici), do kterého jsem vybrala nejběžněji se vyskytující zástupce nahých plžů České republiky (celkem 10 druhů).

Poté, co budou všichni nazí plži determinováni alespoň na úroveň rodu (nejlépe však druhu), se přistoupí k jejich změření. Důležitými rozměry jsou délka nataženého těla a jeho šířka (viz obrázek 25). Pro měření může být použito pravítko, případně nit či tenký provázek, který žáci následně změří na pravítku samotném. Získané rozměry budou využity při zakreslování plže: žáci nejprve nakreslí obrys svého nahého plže na bílý papír (viz obrázek 26). Při zakreslování obrysu by měli co nejpřesněji dodržet zjištěné rozměry; a pro další úkoly vytvoří celkem čtyři obrysy (dva pro zakreslení břišní, „chodidlové“ strany; dva pro zakreslení hřbetní strany těla).

Poslední součástí tohoto úkolu bude zjistit, zda jsou na hřbetní a břišní straně patrné nějaké morfologické znaky, využitelné při odlišování a následné determinaci druhů.

Může to být rozsah štítu; pozice, velikost a tvar dýchacího otvoru, přítomnost a délka kýlu; v případě břišní strany těla přítomnost středového pruhu na chodidle. Do jedné dvojice obrysů tyto povrchové struktury zanesou nakreslením jejich obrysů, do druhé pomocí pastelových barev (viz obrázek 26). V případě vybarvené dvojice obrysů je vhodné dodržovat alespoň podobnou barevnost, jakou mají živé exempláře-předlohy. Takto vytvořené nákresy (jak obrysová varianta („pérovka“), tak barevná kresba) následně mohou posloužit jako výukový materiál, který vytvořili sami žáci; případně mohou být použity pro výzdobu učebny.



Obrázek 25: plzák španělský umístěný na skleněné destičce. Pozorovaný jedinec se již vzpamatoval po manipulaci a je vhodné přistoupit k jeho měření a zakreslování. Foto Jiřina Šrámková.

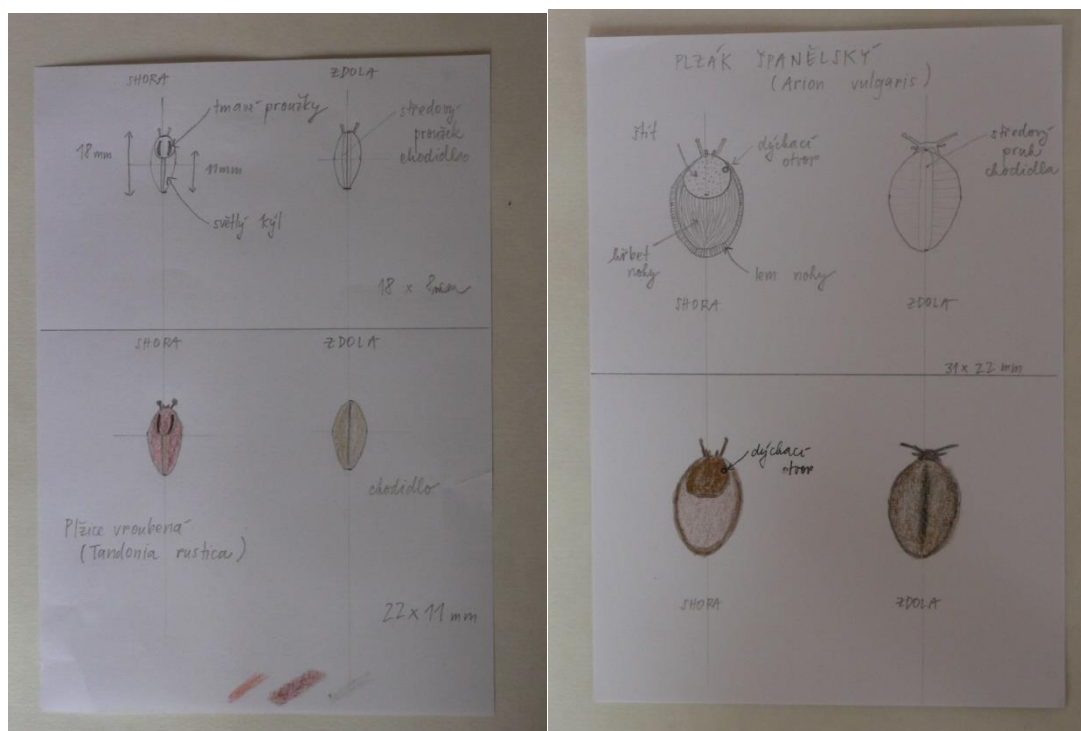
Průběh pozorování a zakreslování

Navrženou úlohu jsem sama vyzkoušela, abych ověřila její proveditelnost. Pro ověření jsem zvolila dva druhy nahých plžů. Prvním druhem byl plzák španělský (*Arion vulgaris*), druhým plžice vroubená (*Tandonia rustica*).

Při zakreslování obrysů jsem postupovala následovně:

1. Pozorovaného plže jsem posadila na skleněnou destičku tak, aby byla dobře patrná i jeho břišní strana; a nechala jej několik minut v klidu.
2. Jakmile se plž natáhl a začal lézt, změřila jsem jeho délku a šířku.

3. Následně jsem na list papíru za pomoci trojúhelníku s ryskou nakreslila čtyři osově kříže, do kterých jsem vynesla délku a šířku kresleného jedince. Tyto kříže mi pomohly dodržet skutečné rozměry jedince a zjednodušily i vystihování tvaru těla. Nakonec jsem vytvořila čtyři obrysy těla.
4. V následujícím kroku jsem se zaměřila na morfologicky odlišné plochy těla a do první dvojice obrysů zakreslila velikost a pozici štítu, dýchacího otvoru a případný kýl pro hřbetní stranu těla; a středový pruh na chodidle pro břišní stranu těla.
5. Druhou dvojici obrysů jsem použila pro totéž, nákresy jsem však vybarvila pastelovými barvami tak, aby byly co nejpodobnější živé předloze (viz obrázek 26).
6. Jak dvojici obrysů, tak oba obrázky je potřeba za pomoci atlasu popsat a zaznamenat také, zda obrázek představuje břišní či hřbetní stranu živočicha.



Obrázek 26 Nákres plžice vroubené (vlevo) a plzáka španělského (vpravo), první dvojice znázorňuje pouze obrysy; druhá vybarvená pastelovými barvami. Foto Jiřina Šrámková.

Závěr

Úlohu lze velmi jednoduše využít v počátečních kapitolách výuky týkající se nahých plžů a je snadno zařaditelná do běžné výuky. K jejímu provedení je zapotřebí minimum pomůcek. Při realizaci se však ukázalo, že proces vytváření nákresů (především

počátečních obrysů) je poměrně zdlouhavý a proto je vhodnější, aby vyučující žákům rozdál již částečně předpřipravené nákresy (čtyři „standardizované“ obrysy na listu papíru; viz obrázek 26), do kterých žáci budou zakreslovat pozice pozorovaných morfologických charakteristik.

Pokud je však pro provedení úlohy dostatek času, je vhodné, aby účastníci praktika své obrysy vytvořili ručně. Zlepší se v používání rýsovacích potřeb a i v geometrii a matematice.

Při realizaci úlohy je vhodné rozdělit konkrétní druh nahého plže vždy několika žákům. Při takovém uspořádání může vyučující vybrat nejrealističtější zpodobnění plže, obrázek naskenovat či vyfotografovat a rozdělit mezi žáky, kteří zachycovali ostatní druhy plžů. Díky tomu si žáci vytvoří vlastní studijní materiál, dobře použitelný ve výuce.

Úloha je vhodná pro všechny ročníky základní a střední školy; při provádění ve vyšších ročnících je vhodné získat co nejširší spektrum nahých plžů a žáky seznámit i s méně častými druhy.

4.2 Dýchání

Nazí plži ke svému životu potřebují kyslík a vdechují ho pomocí dýchacího otvoru, tzv. pneumostomu (Obr. 3). Otevírání a zavírání pneumostomu u nahých plžů není vůbec pravidelné, což si v této úloze dokážeme.

Proč mám na těle uzavíratelný otvor?

Na této úloze si žáci ukáží, proč na sobě mají nazí plži dýchací otvor, a kde je umístěn. Žáci budou pozorovat dýchací pohyby nahých plžů. Dýchací otvor jsou nazí plži schopni jemně ovládat, například plzák španělský během třetí a čtvrté fáze páření svůj dýchací otvor široce otevřen, a nezavíráho (Kozłowski et al. 2001). Slimák největší se umí přizpůsobit nepříznivým podmínkám, když je nedostatek vody a je sucho, tím že má svůj pneumostom převážně zavřený, a otevírá ho ve velkých časových intervalech, aby přes něj nedošlo k odpařování vody z těla (Prior et al. 1983).

Materiální vybavení:

- nazí plži různých rodů (viz níže)
- podložka na usazení nahých plžů (skleněná destička, navlhčená kartonová destička; talíř s ubrouskem navlhčeným vodou, mělká plastová krabička atd.)
- ostřikovač na vlhčení plžů

- botanická lupa
- stopky
- zápisový arch a psací potřeby
- fotoaparát
- při nedostatku denního světla lampička na osvětlení pozorovaných jedinců

Experimentální uspořádání

Tato úloha bude velmi jednoduchá, ale žáci musí mít trpělivost při pozorování plžů a také být schopni zachovat v učebně klid. Úloha se bude velmi dobře provádět ve školní třídě. Pozorovaného nahého plže položíme na lavici na námi zvolenou podložku, a nejprve si prohlédneme jeho dýchací otvor pouhým okem a poté lupou. Následně budeme pozorovat frekvenci nádechů v průběhu jedné minuty, pěti minut a deseti minut. Výsledky pozorování několika jedinců téhož druhu či zástupců různých nahých plžů opět porovnáme mezi sebou.

Vlastním pozorováním jsem zjistila, že pro tento pokus jsou vhodné plžák španělský (*Arion vulgaris*) a podkornatka žíhaná (*Lehmania marginata*). Jsou méně bázlivi než ostatní plži (viz níže), nadechují se často a výrazně a jsou i relativně dobře naležitelní v přírodě.

Výsledky vlastního pozorování

Vyzkoušela jsem tento pokus v praxi, abych zjistila jeho vhodnost zařazení do výuky. Pro svůj pokus jsem měla k dispozici tyto druhy nahých plžů: plžák španělský (*Arion vulgaris*), slimák popelavý (*Limax cinereoniger*), slimák největší (*Limax maximus*), podkornatka žíhaná (*Lehmania marginata*), slimáček síťkovaný (*Deroceras reticulatum*) a plžice vroubená (*Tandonia rustica*).

Experimentální uspořádání bylo velmi jednoduché: každého nahého plže položila na skleněnou destičku a v průběhu stanoveného časového intervalu (10 minut) pozorovala jeho dýchací otvor a dynamiku otvírání a zavírání.

Nejprve jsem si dýchací otvory všech plžů prohlédla: pro úlohu je totiž důležité, zda je otvor pouhým okem viditelný, aby byl daný plž pro toto pozorování vhodný. Tímto prvotním prozkoumáním jsem z dalšího pozorování ihned vyloučila slimáčka síťkovaného, protože jeho dýchací otvor je příliš malý a ani při dobrém osvětlení není dobře patrný. Dalším nevhodným plžem pro pozorování dynamiky dýchání je plžice

vroubená, protože je příliš plachá a bázlivě reagovala i na silnější dýchnutí nebo neopatrné poklepání do stolu.

Dalším pozorovaným jedincem bylo mládě slimáka popelavého, který byl velmi vhodným kandidátem na pozorování umístění dýchacího otvoru. Tento plž však po celou dobu sledování ponechal svůj dýchací otvor dokořán otevřený. Pneumostom byl díky tomu dobře patrný (bylo možné nahlédnout i dovnitř slimákova plicního vaku). Nicméně pro sledování dynamiky zavírání/otvírání dýchacího otvoru se jedná o druh nevhodný, protože pozorovaný jedinec po celých deset minut otvor pouze přivíral, ale nikdy neuzavřel zcela. Někdy reagoval přivřením otvoru na pohyby pozorovatele, jindy drobné sevření okrajů odráželo nějaké „vnitřní slimáčí dění“. Druh tedy nedoporučuji pro sledování dynamiky dýchání, pouze pro porovnání pozice pneumostomu mezi druhy.

U ostatních druhů (*Arion vulgaris*, *Lehmania marginata*) šlo dýchání pozorovat velmi dobře. Každého plže jsem sledovala po dobu 10 minut a zaznamenávala jsem, kolikrát otevře a zavře dýchací otvor během této doby.

Plzák španělský: u toho nahého plže je velmi dobře pozorovatelný dýchací otvor, který se nachází v přední polovině štítu (Horsák et al. 2013). Plzáka španělského jsem umístila na skleněnou destičku, kterou jsem položila na stůl před sebe, a pozorovala pohyby dýchacího otvoru během 10 minut. Za tuto dobu otevřel jedinec a zavřel dýchací otvor desetkrát. Nejdéle ho měl otevřený 46 vteřin, a nejkratší doba otevření byla 8 vteřin (Tab. 1).

Plzák španělský je vhodný kandidát na pozorování dynamiky pohybu dýchacího otvoru, protože nereagoval na slabé podněty z okolí, jako je dech pozorovaného nebo lehké strčení do stolu, takže není plachý, a dá se pozorovat i v méně klidném prostředí.

Tab. 1 Frekvence otevírání/zavírání pneumostomu plzáka španělského. Čas 1 značí v celých minutách a sekundách dobu, kdy došlo k otevření či zavření dýchacího otvoru; čas 2 změnu tohoto stavu; hodnota délka dobu trvání stavu v sekundách.

| Čas 1 | Čas 2 | Délka (s) | Otevřeno | Zavřeno |
|-------|-------|-----------|----------|---------|
| 0 | 0,36 | 36 | 1 | 0 |
| 0,36 | 0,51 | 15 | 0 | 1 |
| 0,51 | 1,12 | 21 | 1 | 0 |
| 1,12 | 1,26 | 14 | 0 | 1 |
| 1,26 | 2,1 | 46 | 1 | 0 |
| 2,1 | 2,51 | 41 | 0 | 1 |
| 2,51 | 3,28 | 37 | 1 | 0 |
| 3,28 | 4,13 | 45 | 0 | 1 |
| 4,13 | 4,21 | 8 | 1 | 0 |
| 4,21 | 5,08 | 47 | 0 | 1 |
| 5,08 | 5,44 | 34 | 1 | 0 |
| 5,44 | 6,06 | 22 | 0 | 1 |
| 6,06 | 6,52 | 46 | 1 | 0 |
| 6,52 | 7,12 | 20 | 0 | 1 |
| 7,12 | 7,49 | 37 | 1 | 0 |
| 7,49 | 8,03 | 14 | 0 | 1 |
| 8,03 | 8,17 | 14 | 1 | 0 |
| 8,17 | 8,59 | 42 | 0 | 1 |
| 8,59 | 9,23 | 24 | 1 | 0 |
| 9,23 | 10 | 37 | 0 | 1 |

Podkornatka žíhaná: i u tohoto plže je dobře viditelný dýchací otvor, a nachází se v zadní polovině štítu (Horsák et al. 2013), takže je vhodný k tomuto sledování. Její dýchací otvor má okrouhlý tvar. Během pozorování byla podkornatka zpočátku málo aktivní, ale posléze se dala do pohybu, při kterém však měla dobře viditelný dýchací otvor. Během deseti minut podkornatka osmkrát zavřela a otevřela dýchací otvor, nejdéle ho měla otevřený 144 vteřin, a nejkratší doba otevření byla 5 vteřin (Tab. 2). I podkornatka je tedy vhodný druh na pozorování dynamiky otevírání a zavírání dýchacího otvoru, protože nereagovala na slabé vnější podněty, ke kterým během pozorování došlo, a nezdá se být ani plachým druhem.

Tab. 2 Frekvence otevírání/ zavírání pneumostomu podkornatky žíhané. Legenda tabulky viz Tab. 1.

| čas 1 | čas 2 | Délka (s) | otevřeno | Zavřeno |
|-------|-------|-----------|----------|---------|
| 0 | 0,06 | 6 | 1 | 0 |
| 0,06 | 0,19 | 13 | 0 | 1 |
| 0,19 | 2,03 | 44 | 1 | 0 |
| 2,03 | 2,25 | 22 | 0 | 1 |
| 2,25 | 3,48 | 83 | 1 | 0 |
| 3,48 | 3,56 | 18 | 0 | 1 |
| 3,56 | 5,46 | 110 | 1 | 0 |
| 5,46 | 5,52 | 6 | 0 | 1 |
| 5,52 | 6,5 | 48 | 1 | 0 |
| 6,5 | 7 | 10 | 0 | 1 |
| 7 | 7,05 | 5 | 1 | 0 |
| 7,05 | 7,1 | 5 | 0 | 1 |
| 7,1 | 9,35 | 144 | 1 | 0 |
| 9,35 | 9,4 | 5 | 0 | 1 |
| 9,4 | 10 | 20 | 1 | 0 |

Slimák největší: tento druh má dobře viditelný dýchací otvor, který se nachází v zadní polovině štítu (Horsák et al 2013). Pozorování dynamiky otevření a zavření dýchacího otvoru jsem učinila na mladém jedinci slimáka, kterého jsem měla položeného na sklíčku. Po celou dobu pokusu klidně ležel, nejevil známky touhy sklíčko opustit. Během měření otevřel a zavřel dýchací otvor jednadvacetkrát, nejdéle měl otvor otevřený 67 vteřin; a nejkratší otevření byla 3 vteřiny (Tab. 3). Slimák během pokusu nereagoval na žádné podmínky z okolí, ani na to když jsem otočila deskou, na které ležel, takže není plachým druhem.

Tab. 3 frekvence otevírání/zavírání pneumostomu slimák největšího. Čas 1 značí v celých minutách a sekundách dobu, kdy došlo k otevření či zavření dýchacího otvoru; čas 2 změnu tohoto stavu; hodnota délka dobu trvání stavu v sekundách.

| čas 1 | čas 2 | Délka (s) | otevřeno | zavřeno |
|-------|-------|-----------|----------|---------|
| 0 | 0,24 | 24 | 1 | 0 |
| 0,24 | 0,33 | 9 | 0 | 1 |
| 0,33 | 1,1 | 36 | 1 | 0 |
| 1,1 | 1,12 | 2 | 0 | 1 |
| 1,12 | 1,45 | 33 | 1 | 0 |
| 1,45 | 1,49 | 4 | 0 | 1 |
| 1,49 | 2,38 | 49 | 1 | 0 |
| 2,38 | 2,44 | 6 | 0 | 1 |
| 2,44 | 3 | 16 | 1 | 0 |
| 3 | 3,04 | 4 | 0 | 1 |
| 3,04 | 3,19 | 15 | 1 | 0 |
| 3,19 | 3,26 | 7 | 0 | 1 |
| 3,26 | 3,5 | 24 | 1 | 0 |
| 3,5 | 3,58 | 8 | 0 | 1 |
| 3,58 | 4,2 | 22 | 1 | 0 |
| 4,2 | 4,26 | 6 | 0 | 1 |
| 4,26 | 4,35 | 9 | 1 | 0 |
| 4,35 | 4,41 | 6 | 0 | 1 |
| 4,41 | 5,37 | 56 | 1 | 0 |
| 5,37 | 5,43 | 6 | 0 | 1 |
| 5,43 | 6,5 | 67 | 1 | 0 |
| 6,5 | 6,56 | 6 | 0 | 1 |
| 6,56 | 7,06 | 10 | 1 | 0 |
| 7,06 | 7,11 | 5 | 0 | 1 |
| 7,11 | 7,14 | 3 | 1 | 0 |
| 7,14 | 7,21 | 7 | 0 | 1 |
| 7,21 | 7,32 | 11 | 1 | 0 |
| 7,32 | 7,38 | 6 | 0 | 1 |
| 7,38 | 7,58 | 20 | 1 | 0 |
| 7,58 | 8,17 | 19 | 0 | 1 |
| 8,17 | 8,27 | 10 | 1 | 0 |
| 8,27 | 8,34 | 7 | 0 | 1 |
| 8,34 | 8,44 | 10 | 1 | 0 |
| 8,44 | 8,57 | 13 | 0 | 1 |
| 8,57 | 9,16 | 19 | 1 | 0 |
| 9,16 | 9,21 | 5 | 0 | 1 |
| 9,21 | 9,31 | 10 | 1 | 0 |
| 9,31 | 9,39 | 8 | 0 | 1 |
| 9,39 | 9,47 | 8 | 1 | 0 |
| 9,47 | 9,53 | 6 | 0 | 1 |
| 9,53 | 10 | 7 | 1 | 0 |

Závěr

Pozorování dynamiky dýchání je velmi snadné, a tím, že jsem ho sama vyzkoušela, jsem ukázala, že se dá dobře provést ve školním prostředí i přímo při hodině přírodopisu nebo biologie.

Důležité pro tento pokus je zvolit správného nahého plže; kritéria vhodnosti jsou viditelnost dýchacího otvoru a plachost daného druhu. Z mého pozorování vyplývají vhodní tři kandidáti, na kterých pozorování žáci mohou vyzkoušet. Úloha je proveditelná během vyučovací hodinu, a může před ní být vedený výklad s následným zařazením úlohy, protože na celou úlohu včetně její přípravy stačí 25 minut. Úloha se hodí jak na základní, tak na střední škodu, a doporučuji zařadit ji do běžného výkladu přírodopisu či biologie. Pokud by se tato úloha prováděla ve speciálních biologických seminářích, kde je více času na pokusy, mohou žáci změřit rovněž svou dechovou frekvenci a porovnat ji s dechovou frekvencí pozorovaného nahého plže.

4.3 „Otěrometrie“

Nazí plži za sebou zanechávají stopy v podobě slizu, který jim usnadňuje pohyb. Jejich sliz není vždy bezbarvý či čirý, ale může být typicky zabarvený dle konkrétního druhu. V této úloze si představíme barvy slizu nahých plžů.

Umíme se podepsat

V této úloze budeme zkoumat sliz, který po sobě zanechávají nazí plži na povrchu, po kterém se pohybovali. Barva slizu nám navíc může být nápomocná v určování nahých plžů. Plži vylučují sliz pomocí žláznatých buněk. Produkce slizu je pro plže nezbytná z několika důvodů. Sliz vytváří hydrofobický povlak, který zabraňuje odpařování vody z těla, a její příjem celým povrchem těla. Slizový obal chrání plže před vyschnutím, a tělo je tak pořád ve „vodním prostředí“. Sliz pomáhá i v pohybu plžů a spolu s řasinkovým epitelem odstraňuje z povrchu těla nečistoty. Složení slizu je mukopolysacharidy, voda a různé anorganické soli (Sedlák 2002). Sliz, kteří nazí produkují je některým nápomocen při páření, konkrétně je to u slimáka největšího (*Limax maximus*) a plzáka španělského (*Arion vulgaris*) (viz str. 17 a 36).

Shikov (2014) zkoumal funkce slizu u slimáčka síťkovaného, a zjistil že slimáček se může na vlákně slizu spouštět z listů rostlin dolů k zemi. Za deštivého počasí nebo při ranní vyleze slimáček na vysokou travu, keře či strom, a je schopen vystoupat do výše 1–2,5 m nad zem. Odpoledne nebo po dešti se vrací zpátky na zem kvůli klesající vlhkosti

vzduchu. Nejprve leze dolů po větvích, ale když se přiblíží k zemi, začne produkovat sliz, ze kterého vytvoří vlákno, po kterém se „sveze“ dolů na zem. Slimáček je schopný vytvořit vlákno dlouhé 40–60 cm, a pohybovat se po něm rychlostí 10 cm za 1 minut. Pozorovaný jedinec se po vlákně se nesvezl až na zem, ale několik centimetrů nad zemí z vlákna spadl do trávy a odlezl pryč (Shikov 2014). Zástupci čeledi Agriolimacidae jsou navíc schopni při ohrožení původně bezbarvý sliz změnit na mléčně zakalený (viz Kapitola 3.6 str. 26).

Materiální vybavení

- Nazí plži; vhodní jsou zejména zástupci čeledi plžákovití (Arionidae) a slimáčkovití (Agriolimacidae)
- Bílý papír
- Černý papír
- Vatové tyčinky
- čirá izolepa
- nůžky
- obyčejná tužka na popis papírových proužků se slizem
- ostříkovač na vlhčení plžů
- ochranné gumové či latexové rukavice (nejsou nezbytné, některým žákům však mohou usnadnit manipulaci s nahými plži, kterých se jinak pro jejich slizkost štítí)

Experimentální uspořádání

K úloze budeme potřebovat několik druhů nahých plžů. Vhodné je předem zjistit, které druhy zabarvený či bělavý sliz vytváří (viz Horsák, Juříčková a Picka, 2013; str. 112–128) a při sběru se zaměřit na tyto druhy. Černý a bílý papír před samotnou úlohou nastříháme na kartičky o stejné velikosti (já jsem použila proužky 9×21 cm dlouhé) tak, abychom ke každému druhu měli jednu bílou a jednu černou (je vhodné připravit si kartiček více, kdyby došlo k jejich polití či pádu na zem). Plže následně vezmeme a posadíme jej chodidlem na papír (otiskneme jej), a pozorujeme zabarvení slizu. Poté vezmeme vatovou tyčinku, a otřeme s ní hřbetní stranu téhož jedince. Pozorujeme, zdali na vatové tyčince zůstal sliz a jakou barvu má (viz obrázek 27).

Upozornění: po vytvoření otisku břišní strany i otření hřbetu nahého plže je třeba jak kartičky, tak vatové tyčinky popsat konkrétním druhovým jménem, aby nedošlo k mezidruhové záměně!

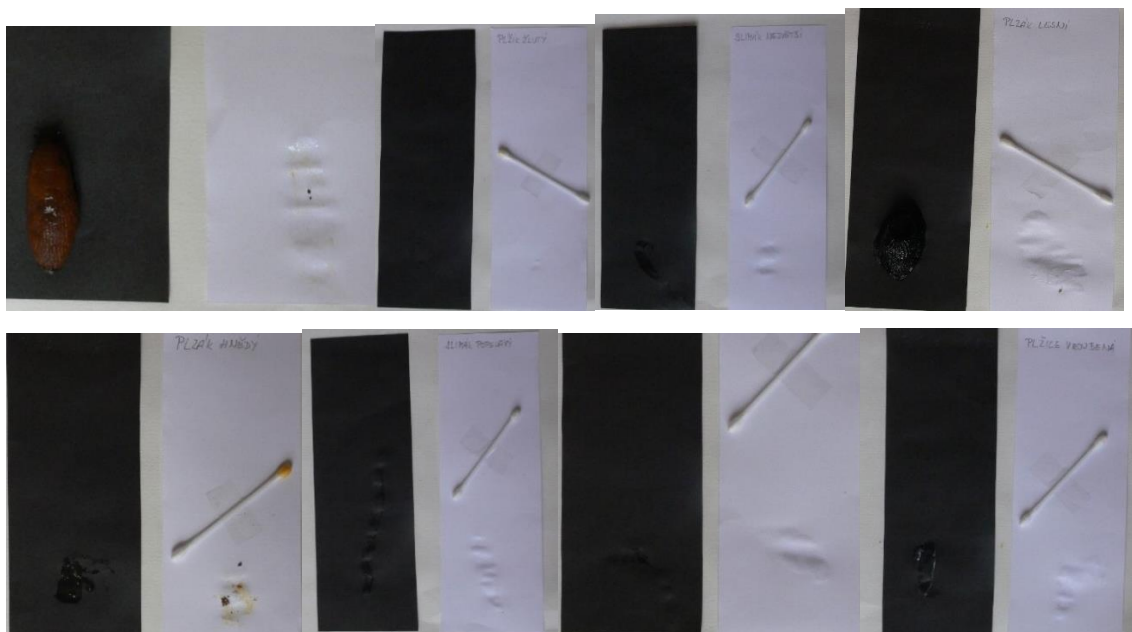
Výsledky vlastního pozorování

Pozorování jsem sama vyzkoušela, abych zjistila, jestli je vhodné do školního prostředí. Ke svému pokusu jsem si vybrala následující plže: plzák španělský (*Arion vulgaris*), plzák lesní (*Arion rufus*), plzák hnědý (*Arion fuscus*), plžice vroubená (*Tandonia rustica*), slimák popelavý (*Limax cinereoniger*), slimák největší (*Limax maximus*), podkornatka žíhaná (*Lehmannia marginata*) a plžík žlutý (*Malacolimax tenellus*).

Každého plže jsem obtiskla na bílý i černý proužek papíru (Obr. 27), a každého navíc z hřbetní strany otřela vatovou tyčinkou, abych zjistila, jakou barvu slizu zanechávají a jestli se tato barva liší na břišní a hřbetní straně těla. Vatové tyčinky jsem lepila za pomoci číré izolepy na bílý proužek papíru, aby bylo možné rychlé porovnání získaných barev, které je sumarizováno v Tabulce 4.

Tab. 4 Sumarizace barvy otisků nohou osmi druhů nahých plžů.

| Nahý plž | Bílý papír | Černý papír | Vatová tyčinka |
|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Plzák španělský | Oranžový otisk | Oranžový otisk | Oranžový stěr |
| Plzák lesní | Bezbarvý otisk | Bezbarvý otisk | Bezbarvý stěr |
| Plzák hnědý | Oranžovohnědý otisk | Oranžovohnědý otisk | Oranžovohnědý stěr |
| Plžice vroubená | Bezbarvý otisk | Bílý otisk | Bezbarvý stěr |
| Slimák popelavý | Bezbarvý otisk | Bezbarvý otisk | Bezbarvý stěr |
| Slimák největší | Bezbarvý otisk | Bezbarvý otisk | Bezbarvý stěr |
| Podkornatka žíhaná | Bezbarvý otisk | Bezbarvý otisk | Bezbarvý stěr |
| Plžík žlutý | Bezbarvý otisk | Bezbarvý otisk | Žlutý stěr |



Obr. 27 Otisky nahých plžů (zleva plzák španělský, plžík žlutý, slimák největší, plzák lesní, plzák hnědý, slimák popelavý, podkornatka žíhaná a plžice vroubená).

Závěr

Úloha by pro žáky mohla představovat zajímavé zpestření hodiny a zároveň je velmi jednoduchá na provedení. Pro potřeby této úlohy žáci mohou plže nalovit sami například na vycházce do okolí školy (slimáčci a plžice, tedy rody s často nezvykle zbarveným slizem, jsou totiž synantropní či patří mezi polní škůdce a tak je lze často najít v parcích, zahradách a na polích). Protože sliz má při skladování mimo dosah přímého slunečního záření stálou barevnost, vznikne při realizaci úlohy studijní materiál, který si mohou žáci uschovat, a učitel tento materiál může využívat i v běžné výuce, při které není čas na předvádění živých plžů. Úlohu bych zařadila na základní i střední školu, a klidně i do klasických hodin přírodopisu či biologie, protože pokus nezabere příliš času, a bude na něj stačit jedna vyučující hodina.

4.4 Reakce na různé podněty

Každý živý tvor reaguje na různé smyslové podněty z okolí. Tato úloha nám ukáže, na jaké podněty a jak reagují naši plži.

Různé reakce

I plži reagují na různé podněty ze svého okolí, a v této úloze žáci mohou vyzkoušet, jak vypadají jejich reakce – a také objevit typy podnětů, které jsou plži schopni vnímat.

Materiální vybavení

- naží plži. Pozorování lze provést pouze na jediném druhu (v mém případě plzák španělský) nebo na větším vzorku několika druhů. Pokud bude pozorování prováděno na jediném modelovém druhu, doporučuji pozorovat dospělé i mláďata, protože reakce se mohou lišit v závislosti na věku (tělesném stavu) pozorovaných jedinců.
- příruční svítilna či čelovka
- nahrávka zvonění zvonečku (či jiného intenzivního, hlasitého zvuku)
- špejle s hrotem
- vonné silice (levandulová silice, hřebíčková silice; další dle dostupnosti)
- heřmánek lékařský (*Matricaria chamomilla*) a plody fenyklu *Foeniculum vulgare* (lze použít jak sušené rostliny, tak porcovaný čaj v nálevových sáčkích)
- rychlovarná konvice a hrnečky pro přípravu bylinných nálevů
- stroužek česneku (*Allium sativum*), ostrý nůž
- čajová svíčka
- zápalky
- podložní sklíčko či skleněná destička (dle velikosti plzáků)
- pinzeta
- vatové tyčinky
- vějíř

Experimentální uspořádání

V této úloze budeme sledovat smyslové a reakční schopnosti nahých plžů na příkladu působení různých podnětů. Úloha předvede nejen průběh reakcí, ale také ukáže, jak dobře mají plži vyvinuté smysly, konkrétně sluch, čich, zrak a reakci na dotek. Můj návod je především inspirativní a záleží na účastnících praktika, zda vymyslí další možné podněty, které na pozorovaných plžích otestují.

Pro provedení úlohy doporučuji použít nahé plže dorůstající větších rozměrů, a zároveň méně plaché druhy. Ideálním kandidátem je například plzák španělský (*Arion vulgaris*) nebo slimák největší (*Limax maximus*) či s. popelavý (*L. cinereoniger*).

Čichové schopnosti nahých plžů prověříme sledováním reakcí při expozici plžů intenzivně vonícím látkám. Doporučuji heřmánkový a fenyklkový čaj, hřebíčkovou a levandulovou silici a čerstvě nakrájený česnek; možné je však použít jakékoliv silně

vonící látky, ovoce či zeleninu, které budou v době provádění praktika k dispozici (mátový čaj či čerstvé listy, cibule, zubní pasta atd.). **Reakce na dotek** prověříme obdobně jako v tradičním praktiku pro žáky nižších tříd víceletých gymnázií o hmatové citlivosti člověka tak, že se plže opatrně dotkneme zahrocenou špejlí na různých částech těla. Dotek musí být jemný, aby nedošlo k poranění plže! **Sluch** prověříme tak, že těsně u plže pustíme ze záznamu hlasitý a výrazný zvuk, například nahrávku zvonění zvonečkem (proč nahrávka a ne skutečný zvonek? Čtěte dále!). **Reakci na vzdušný proud** vyzkoušíme pomocí vějíře, kterým budeme nad plžem mávat. **Zrakovým podnětem** bude příruční svítilna, kdy na plzáka posvítíme tak, aby světelný paprsek zasáhl především oční tykadla. **Reakci na teplo** ověříme vystavením plže zdroji tepla, například plameni čajové svíčky. **Reakci na otřes** vyzkoušíme na rozvibrované desce stolu či lavice, do které uhodíme rukou.

Vlastní pozorování

Níže popsané pozorování jsem sama uskutečnila, abych zjistila, zda je proveditelné ve školní třídě. Všechny dílčí části jsem prováděla na jediném druhu, plzákovi španělském. Celkem jsem pozorovala čtyři jedince (jedno mládě a tři dospělé), některá pozorování však byla provedena pouze na jediném jedinci či dvojici.

1. Reakce na vůně: dva dospělé plzáky španělského jsem vystavila různým vůním a pozorovala jejich reakce. Vatovou tyčinku jsem namočila do dvou typů vonných silic a do dvou druhů bylinkových čajů. Posledním čichovým podnětem byl na špejli napíchnutý rozkrojený stroužek česneku (viz obrázek 28).

Heřmánkový čaj: Dva sáčky porcovaného heřmánkového čaje značky Megafyt jsem zalila 250 ml vroucí vody, a nechala 20 minut louhovat. Poté jsem namočila vatovou tyčinku ve zchlazeném odvaru a okamžitě jí umístila těsně před hlavu prvního plzáka. Zareagoval velmi rychle a během několika sekund začal tyčinku okusovat a plazit se po ní. Druhý sledovaný jedinec tyčinku okamžitě po expozici podnětu začal rovněž okusovat.

Fenyklový čaj: Dva sáčky porcovaného fenyklového čaje značky Apotheke jsem zalila 250 ml vroucí vody, a nechala 20 minut louhovat. V ochlazeném odvaru jsem namočila vatovou tyčinku a stejně jako v předchozím pozorování ji opatrně přiblížila před hlavu plzáka. Reakci jsem sledovala u jedinců z předchozího pokusu. První plzák několik vteřin vatovou tyčinku zkoumal (pohyb připomínal lidské přičichávání), a poté její konec začal lehce okusovat, avšak v daleko menší míře než v případě heřmánkového odvaru. Při

tomto ochutnávání pohyboval pouze hlavou, zbytek těla zůstal nehybný. Druhý plzák se do vatové tyčinky opět ihned „zakousnul“, tak jako v případě heřmánku.

Levandulová silice: Vatovou tyčinku jsem namočila do levandulové silice a opatrně přiblížila k hlavě a spodním tykadlům prvního z pokusných jedinců. Ten se okamžitě od vatové tyčinky vzdálil zhruba na vzdálenost 2,5 mm, pohnul hlavou nazad a nestále vytahoval a zatahoval oba páry tykadel. Následně se opatrně začal plazit stranou, aby se vatové tyčince vyhnul. Druhý plzák ihned po přičichnutí k levandulí vonící vatové tyčince zcela zatáhl oba páry tykadel, odklonil se od vatové tyčinky a rovněž se opatrně snažil od zdroje vůně vzdálit.

Hřebíčková silice: Vatovou tyčinku jsem namočila do hřebíčkové silice, ale pokus jsem prováděla pouze na jediném jedinci. Plzák nejprve chvíli „přičichával“ k vatové tyčince a poté se jí okrajem ústní dutiny dotkl, ale jen na krátkou chvíli. Nakonec stáhnul tykadla, odvrátil se a odlezl od vatové tyčinky pryč.

Česnek: Stroužek česneku jsem oloupala a rozřízla na polovinu, aby se lépe uvolnily vonné silice zvané alliin (přeměňující se okamžitě na allicin), a půlku stroužku nabodla na špejli. Stroužek orientovaný čerstvě nakrojenou stranou k pozorovateli jsem přiblížila k plzákové hlavě (obr. 28). Tento okamžitě zatáhnul tykadla, po chvíli je zkusil vystrčit, ale ihned je zatáhl zpátky a začal se pohybovat do strany, aby se nepříjemnému podnětu vyhnul (stejně jako v případě levandulové silice). Česnek není preferovaný ani jako potrava, což bylo prokázáno laboratorní pokusem (Kozłowski 2005).

Čich (chemorecepce) je jedním ze smyslů plžů, o kterém se předpokládá, že umožňuje tzv. *homing behaviour*. Podrobná studie tohoto jevu byla provedena na slimákovi největším (*Limax maximus*). Tento plž se dokáže vrátit do stejného úkrytu, jaký opustil před začátkem aktivity. Je nepravděpodobné, že by přitom používal optické podněty, protože zrak plžů má jen velmi malou ostrost. Nejpravděpodobněji k návratu „domů“ využívá čich. Na distálním konci čichového nervu slimáka největšího se nachází prstovité ganglion (*digitate ganglion*) a právě tato nervová zauzlina uložená na hřbetu hlavy či v tykadlech je nejspíše zodpovědná za zpracovávání čichových vjemů (Gelperin 1974). Slimáci využívají čich nejen k návratu do místa ukrytu, ale také při hledání potravy. Čichový nerv vstupuje do metacerebra, což má v konečném důsledku vliv na pohybové neurony, které kontrolují pohyb celého plže (Gelperin 1974).



Obr. 28 Počáteční reakce plzáka španělského na vystavení čerstvě rozkrojenému česneku (foto Jiřina Šrámková).

2. Reakce na zvuk: Zvukovou reakci jsem vyzkoušela za pomoci nahrávky zvonění zvonečku. Protože jsem potřebovala, aby se projevila reakce pouze na zvuk a nikoliv na vzdušný proud, který by mohl klasický zvonek generovat (a u kterého je předpoklad, že na něj plži budou reagovat kvůli adaptaci proti ztrátám vody), použila jsem mobilní aplikaci simulující zvonek. Ani jeden z pokusných plzáků na zvuk nereagoval; jak při prvním vystavení zvuku, tak při opakovaném zvonění.

3. Reakce na světlo: Reakci na světlo jsem vyzkoušela za pomoci malé ruční svítilny (viz obrázek 29), kterou jsem svítila plzákům na hlavový konec ze vzdálenosti 1–2 cm. Pozorování jsem opakovala na čtyřech jedincích plzáka. První plzák (mládě) v mžiku zatáhnul tykadla, téměř okamžitě je však začal střídavě vystrkovat, ale nikdy nevystřčil obě najednou. Reakce nesmírně připomínala „oslněné mžourání“ dětí náhle probuzených uprostřed noci. Ostatní pozorovaní plzáci byli dospělí. Druhý plzák nejprve napůl zatáhl tykadla, ale po chvilce je vystrčil a dále na světlo nijak pozorovatelně nereagoval; třetí plzák zprvu mírně zatáhl tykadla, po chvilce je stáhl úplně, a následně je na okamžik rychle vytrčil, aby je ihned zcela zatáhl. Čtvrtý plzák v první chvíli na světlo vůbec nereagoval, a až po delší chvíli se mírně stáhl.



Obr. 29 Reakce plzáka španělského na světlo (foto Jiřina Šrámková).

4. reakce na otřes: Otřes (vibraci podkladu) jsem vyvolala prudkým úderem do desky lavice, na které jsem nejprve položila čtyři plzáky a nechala je aklimatizovat a aktivovat po přenesení („rozkoukat“). První tři plzáci na úder reagovali okamžitým zatažením obou párů tykadel; čtvrtý jedinec nereagoval vůbec.

5. reakce na vzdušný proud: Vzdušný proud jsem vyvolala intenzivním máváním papírovým vějířem nad tělem pozorovaného plzáka tak, aby směřoval přímo na zkoumaného jedince. K pozorování jsem použila čtyři jedince z předchozích pozorování. První plzák (mládě) mírně zatahnul tykadla. Rovněž všichni dospělí jedinci v různé míře před vzdušným proudem zatahovali tykadla, pouze jediný z nich však zcela.

Ve studii zaměřené na smysly slimáka největšího bylo zkoumáno, zdali se slimáci pohybují proti větru nebo ve směru větru. A výsledky ukazují, že slimáci – ku podivu – inklinují k pohybu proti větru (Gelperin 1974).

6. reakce na dotek: Hmatovou reakci jsem testovala pomocí zahrocené špejle, kterou jsem se lehce dotýkala plzáků na různých místech. Toto pozorování je nezbytné provádět opatrně, aby nedošlo k poranění pozorovaných jedinců!

Pozorování jsem vyzkoušela na dvou dospělých jedincích. Nejprve jsem špejlí zamířila na štít (viz obrázek 1 a 2), následně na střed hřbetu. Oba jedinci reagovali stejně: po

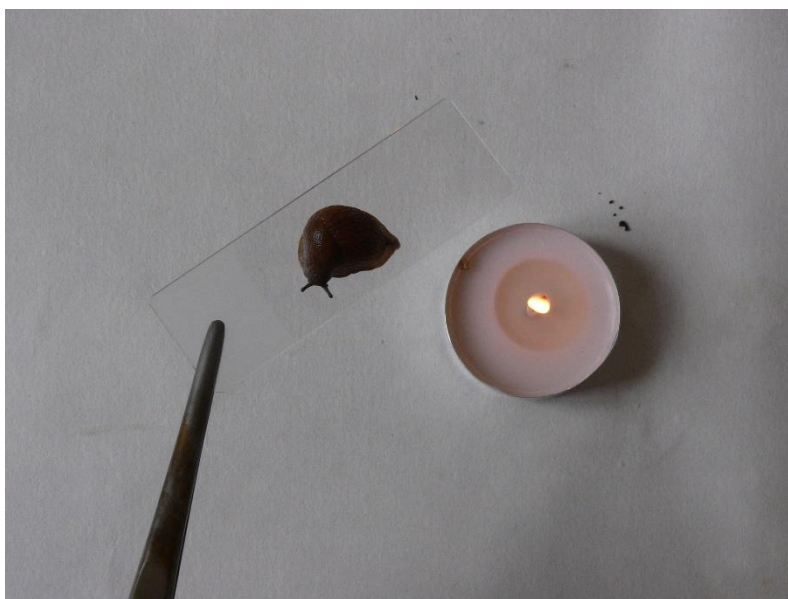
lehkém doteku na štítě se začnou plži stahovat, a štít se začíná intenzivně vraštit. Při doteku na hřbetě plzáci nijak nereagují ani na silnějším zatlačení.

Je evidentní, že plzáci reagují na podráždění různých částí těla různě: když dojde k podráždění blíže nervovému ústředí, které by mohlo naznačovat brzké poranění jedince s fatálními následky, jsou reakce rychlejší a prudší. Dráždění na hřbetě, které neohrožuje hlavovou část, vyvolává nesrovnatelně mírnější (případně žádnou) reakci.

7. reakce na teplo: Reakce na teplo jsem testovala následovně: plzáka jsem umístila na podložní mikroskopovací sklo, sklíčko opatrně uchopila pinzetou a přiblížila nad zapálenou čajovou svíčku (viz obrázek 30). Sklíčko jsem držela nejméně 2 cm nad okrajem plamene a plzáci nikdy nepřišli do přímého kontaktu s ohněm, pouze se zahřátým sklem. **Varování:** toto pozorování vyžaduje pevnou ruku a klidnou mysl osoby přemísťující sklíčko, protože reakce pozorovaných plzáků jsou velmi rychlé a vystavení vysokým teplotám je pro ně viditelně nepříjemné. Je tedy nezbytné vybrat takového žáka, který plzáka neupustí přímo do plamene ani neodmrští směrem do třídy.

Pozorování jsem prováděla na čtyřech jedincích a všichni reagovali identicky. Po přiblížení nad zdroj tepla okamžitě vztyčili tělo („postavili se“) a bylo jasně zřetelné, že vysoká teplota je jim velmi nepříjemná. Jakmile se plzáci prohnuli, pozorování jsem ukončila, aby nedošlo k jejich poranění přílišným horkem.

Byla učiněna studie, které ukazuje, jak suchozemští plži zvládají denní a sezonní kolísání teplot a dostupnost vody v pouštních a středomořských podmínkách, které mohou být mnohdy extrémní. Plži v těchto oblastech upadají do tzv. letního spánku (aestivují), aby přečkali extrémní podmínky. Po dobu aestivace musí být regulována ztráta vody, aby došlo k opětovnému probuzení, a plži musí mít i dostatečnou zásobu energie. V průběhu aestivace se metabolická aktivita jedince zpomaluje, naopak se v těle zvyšují hladiny určitých látek. Jednou takovou látkou je SHP (stresový protein nebo protein tepelného šoku – *heat shock protein*), který chrání organismus při škodlivých účincích tepla, před ztrátou vody a také při případných dalších stresových situacích, jako je působení chemikálií, těžkých kovů, oxidační stres, osmotický stres či vysoušení. HSP dokáže obnovovat správnou (funkční) strukturu proteinů zajišťujících chod organismu a umožnit tak jejich normální fungování i v podmínkách, které vedou k jejich rychlému opotřebování či poškození. Bylo také zjištěno, že HSP dokáže stabilizovat některé složky cytoskeletu, jako je například aktin, a tedy chránit před narušením nejen proteiny, ale rovněž cytoskelet (Arad et al. 2010).



Obr. 30 Experimentální uspořádání při testování reakce plzáka španělského na teplo
(foto Jiřina Šrámková).

Závěr

Pozorování reakcí nahých plžů na různé smyslové podněty je nenáročné a ve školním prostředí snadno proveditelné. Všechny použité pomůcky představují běžně se vyskytující domácí či laboratorní potřeby.

Návod prezentovaný v této diplomové práci má sloužit především jako inspirace: není nezbytné provádět všechna výše popsání pozorování (také proto, že by nebylo možné je předvést v průběhu jediné vyučovací hodiny). Žáci rovněž mohou vymyslet vlastní podněty, kterým plžáky vystaví a budou sledovat jejich reakce (a případně je porovnávat s reakcemi vlastními). Především pozorování reakcí na čichové podněty přímo vybízí k tomu, aby žáci sami přinesli různé aromatické látky a zjistili, zda plžákům „voní“ či je odpuzují.

Pozorování reakcí lze rovněž přetvořit ve školní projekt, při kterém budou jednotlivá pozorování rozložena do celého dne a žáci navíc mohou vyzkoušet, jak by na použité podněty reagovali oni sami. Lze rovněž porovnat reakce jiných druhů nahých plžů, které však budou velmi podobné jako chování modelového plzáka španělského.

Při provádění pozorování na základní škole doporučuji vynechat experiment s reakcí na teplo, protože vyžaduje klidné a zároveň rychlé reakce osoby, která jej provádí a při nečekaném jednání by mohlo dojít k poranění pozorovaných plzáků i pozorujících žáků. Na začátku všech pozorování musíme účastníky praktika upozornit, že plzáky je potřeba veškerým podnětům vystavovat opatrně, aby nedošlo k poranění či usmrcení a aby plži při pozorování netrpěli.

Při zařazení této úlohy do středoškolských praktik doporučuji použít namísto plzáka španělského několik druhů nahých plžů, aby bylo možné porovnat jejich reakce v závislosti na druhu či velikosti pozorovaných jedinců. Zde bych studenty rozdělila do skupin minimálně po dvou studentech, aby jeden zkoušel podnět a druhý zaznamenal reakci. Každá skupina by při takovém uspořádání měla přiřazený konkrétní druh nahého plže a seznam podnětů, které na něm mají vyzkoušet.

Jedinou nevýhodou pozorování je množství pomůcek potřebných k dílčím pozorováním. Pokud však budete provádět jen vybrané úlohy, množství pomůcek se tím sníží.

4.5 Potravní preference

Zahradkáři z empirických zkušeností vědí, že plzáci „považují“ některé rostliny za chutnější než jiné a některé plodiny či okrasné rostliny ohrožují okusem více. Následující cvičení tyto pozorované vlastnosti („mlsnost“) demonstruje.

Co jedí nejraději?

Tímto pokusem by měli žáci zjistit, kterou potravu preferují naši naši plži. Plžům při něm budou předloženy různé druhy potravy a účastníci budou pozorovat, co který druh požírá nejvíce, nebo zda některý typ potravy preferují všichni plži. Jako potrava jim budou nabídnuty rostliny a další položky, se kterými se mohou v českých zahradách běžně setkat. V nabídce budou rovněž typy potravy, které běžné prostředí zahrady nenabízí.

Pokus je vhodné provést na plzákovi španělském (viz mé vlastní pozorování níže), v případně snadné dostupnosti lze použít i jiné druhy. Plzák španělský však coby polyfágní živočich skýtá výhodu v obecné schopnosti přijímat velmi různorodou potravu. Pro invazivní druhy je to důležitá vlastnost, protože díky nespecializovanosti na jediný druh potravy se mohou živit téměř čímkoliv, co je aktuálně k dispozici (Kozlovski 2005). Nedá se však říct, že by se všemi možnými typy potravy živili stejnou měrou: některé

preferuje a jiné opomíjí. Ze zeleniny plzák španělský preferuje mrkev obecnou (*Daucus carota*, Apiaceae), zeli hlávkové (*Brassica oleracea* var. *capitata*, Brassicaceae), brukev pekingskou (*Brassica pekinensis*, Brassicaceae), salát hlávkový (*Lactuca sativa*, Asteraceae), petržel obecnou (*Petroselinum crispum*, Apiaceae), ředkev setou (*Raphanus sativus* k. *sativus*, Brassicaceae), a červenou řepu (*Beta vulgaris*, sk. *vulgaris*, Chenopodiaceae). Při výzkumu, který prováděl Kozłowski (2005), bylo poškození některých druhů zeleniny téměř 70%, a to konkrétně u červené řepy, zeli a mrkve. Plzáci navíc požírají rostliny v různých fázích vývoje od sazeniček až po zralé rostliny. Ze zralé zeleniny preferují hlávkové a čínské zeli či salát, kde okusují hlavně listy.

Z ovoce je nejvíce preferovaný jahodník velkoplodý (*Fragaria × ananassa*, Rosaceae), kdy požírají hlavně plody. Požírají i plody ovocných stromů rozmanitých druhů, ale vybírají si zejména měkké a vyzrálé ovoce (Kozłowski 2005).

Protože i plži jeví osobní potravní preference, je vhodné experiment provádět na větším počtu jedinců. Já jsem pozorovala šest jedinců a toto množství doporučuji i pro sledování s žáky. Od počtu pozorovaných jedinců se bude odvíjet také potřebný počet Petriho misek a dalšího vybavení.

Materiální vybavení

- Plzáci španělští nebo jiný druh nahého plže, u kterého jsme předem ověřili, zda nějakou potravu preferuje či jinou odmítá (viz níže)
- Petriho misky o průměru 14 cm vylité sádrrou (Petriho misky se sádrrou na dně se neprodávají hotové, je třeba je před vlastním pozorováním připravit; z přípravy lze vytvořit i součást samotné úlohy. Před vyléváním misek je vhodné do rozmíchané sádry nadrtit tyčinku aktivního uhlí.)
- Zeli hlávkové (*Brassica oleracea* var. *capitata*, Brassicaceae)
- Mrkev obecná (*Daucus carota*, Apiaceae) – kořen
- Jablko – plod jabloně (*Malus* sp.)
- Granule pro psy (v mém pokusu byla využity granule značky Bodie, lze však použít jakékoliv, které jsou k dispozici)
- Nůž a prkénko
- Pravítko
- Fotoaparát se stativem
- Lihový či jiný vodě- a otěruvzdorný popisovač

- Hodiny
- Rozprašovač s odstátou vodou

Experimentální uspořádání

Před začátkem experimentu si stanovíme počet pozorovaných jedinců, od kterého se bude odvíjet také potřebný počet Petriho misek (jedna miska pro jednoho jedince) i počet kusů každé z pozorovaných potravin. Sádru v miskách před použitím navlhčíme.

Následně si připravíme potraviny, které chceme nabídnout nahým plžům jako potravu. Z každé potraviny nakrájíme tolik stejně velkých kousků, kolik máme pozorovaných jedinců. Pokud je některá z nabídnutých potravin listová zelenina, vykrojíme z listu za pomoci pravítka stejně velké i stejně tvarované čtverce či obdélníky. Jeden kousek od každé potraviny vložíme na dno Petriho misky; a misky na víčku označíme symbolem, který nám umožní jejich jednoznačnou identifikaci při následných kontrolách (doporučuji prosté očíslování). Všechny připravené misky před začátkem experimentu vyfotografujeme, abychom později znali výchozí stav a mohli porovnávat fotodokumentaci.

Následně do každé Petriho misky vložíme jednoho jedince plzáka/jinému druhu nahého plže. Poté misky uzavřeme víčkem a dáme na klidné, stinné a chladné místo, kde je ponecháme 24 hodin (první kontrolu lze provést i dříve, například po šesti či dvanácti hodinách; je však možné, že plzáci nebudou přijímat potravu tak krátce po založení experimentu: v přírodě začínají aktivovat obvykle po setmění či za deště). Po uplynutí stanovené doby vezmeme misky s nahými plži a jejich obsah (bez plže, protože by mohl zakrývat část sledované potravy) vyfotografujeme. Po vyfotografování vrátíme plže do původní misky. Další kontrolu provedeme opět po 24 (šesti, dvanácti) hodinách. Máme-li možnost, můžeme fotokontroly provádět i častěji. Pokud ukončíme, než se zbytky předložené potravy začnou kazit (přibližně tři dny), vyhodnocování pokusu provedeme ze získaného fotografického materiálu.

Vlastní pokus na potravní preference

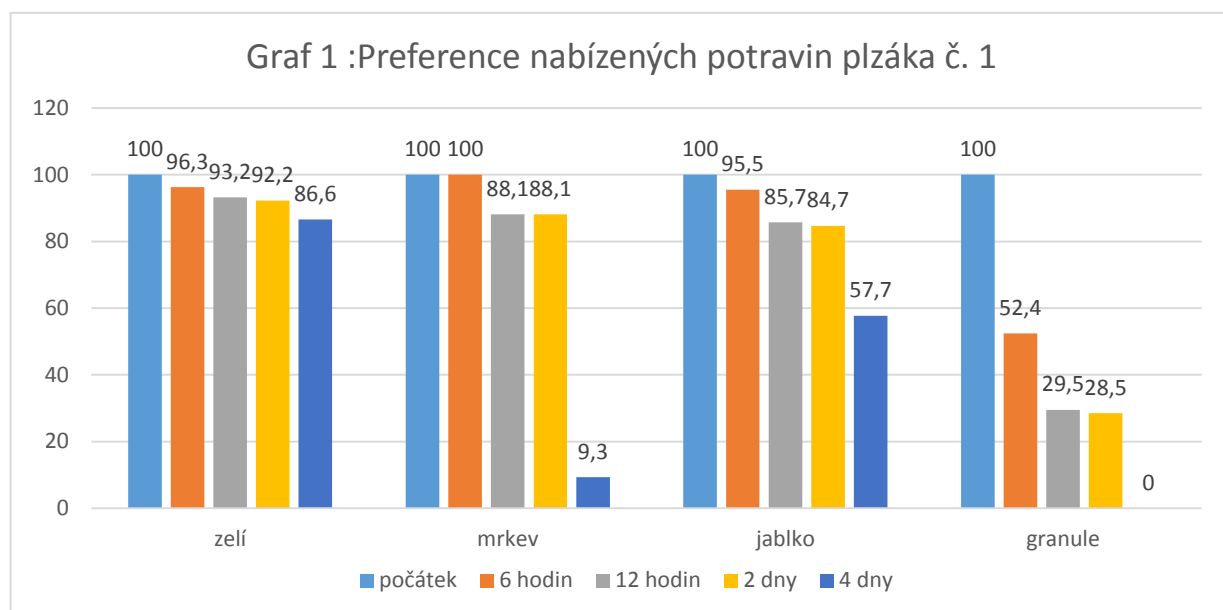
Úlohu jsem vyzkoušela na šesti jedincích plzáka španělského. Jako testovanou potravu jsem vybrala mrkev obecnou, hlávkové zelí, jablko a psí granule. Hlávkové zelí jsem nakrájela na stejně velké čtverečky, jablko na stejně velké půlměsíčky a mrkev na ostrouhaná omytá kolečka. Psí granule jsem krátce namočila do vody, aby změkly. Takto jsem připravila šest Petriho misek, do kterých jsme umístila šest plzáků (obr. 31). Plzáky

jsem nechala 4 dny požídat připravenou potravu a v průběhu pozorování fotila stav misek. Následně jsem v programu Image Tool (k dispozici na <http://compdent.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>) změřila úbytek všech čtyř typů potravy. Získaná data jsem zpracovala graficky pro každého plzáka v programu Excel. Vznikly tak grafy ukazující rychlost konzumace různých typů potravy (viz grafy 2, 4, 6, 8, 10, 12). Plzáci byli očíslováni od jedné do šesti, aby byla zachována jejich identita; a následující grafy využívají toto označení (plzák č. 1 – plzák č. 6).

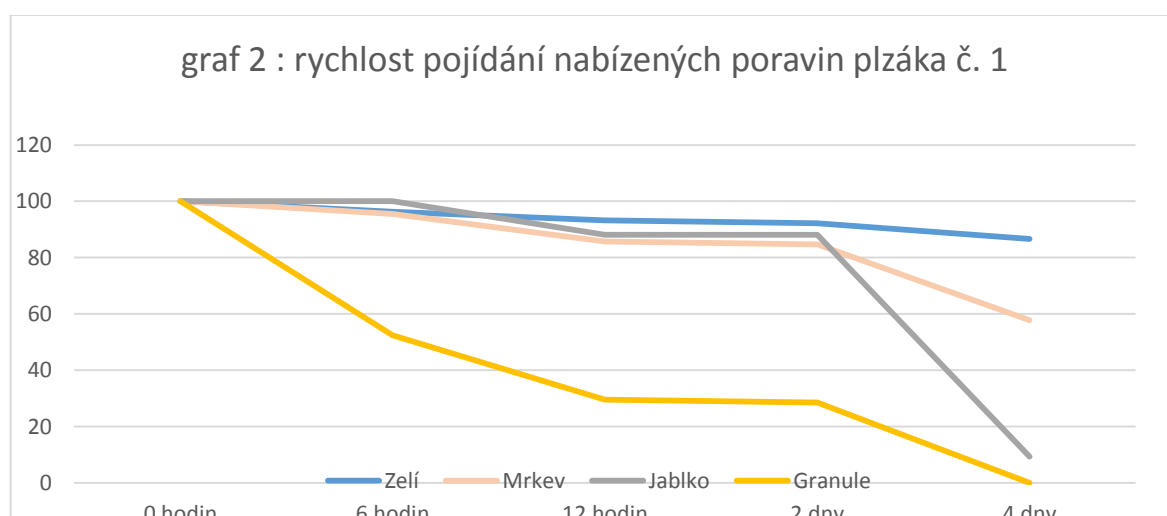


Obr. 31 počáteční fáze pokusu zkoumajícího potravní preference plzáka španělského – plž byl právě umístěn do misky a začíná ochutnávat čtvereček zelí.

Plzák č.1 a jeho potravní preference



Z grafu č.1 lze vyčíst, že plzák č.1 (konkrétní jedinec je na obrázku 32) nejrychleji pojídal (a tedy nejvíce preferoval) granuli. Ubývala nejrychleji a jako jediný typ předložené potravy jí zkonzumoval zcela. Nejméně preferoval zelení, kterého v misce při skončení pozorování zůstalo 86,6 % původní plochy. Tomuto jedinci rovněž chutnala mrkev (zelenina u plžů obecně oblíbená), jablka zkonzumoval téměř polovinu.

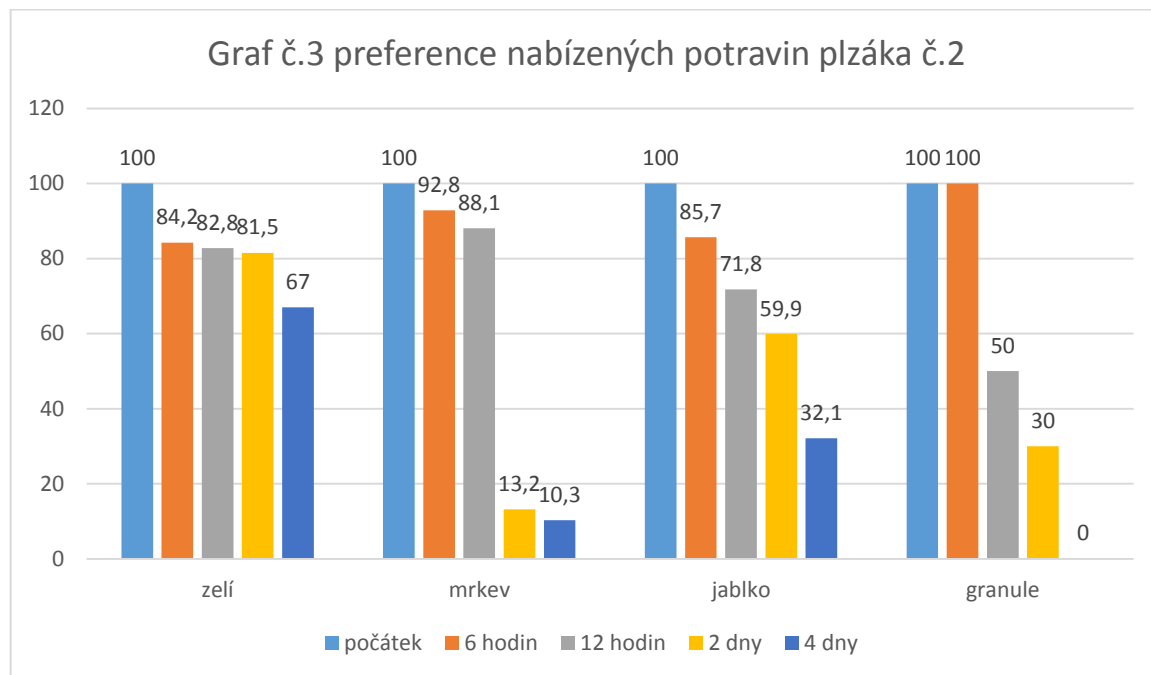


Na grafu č.2 je znázorněná rychlost, s jakou plzák č.1 postupně „ujídal“ nabízené typy potravy v průběhu čtyř dnů. Je evidentní, že tento jedinec preferoval granuli (její křivka klesá nejstrměji od začátku sledovaného období) doplněnou mrkví.

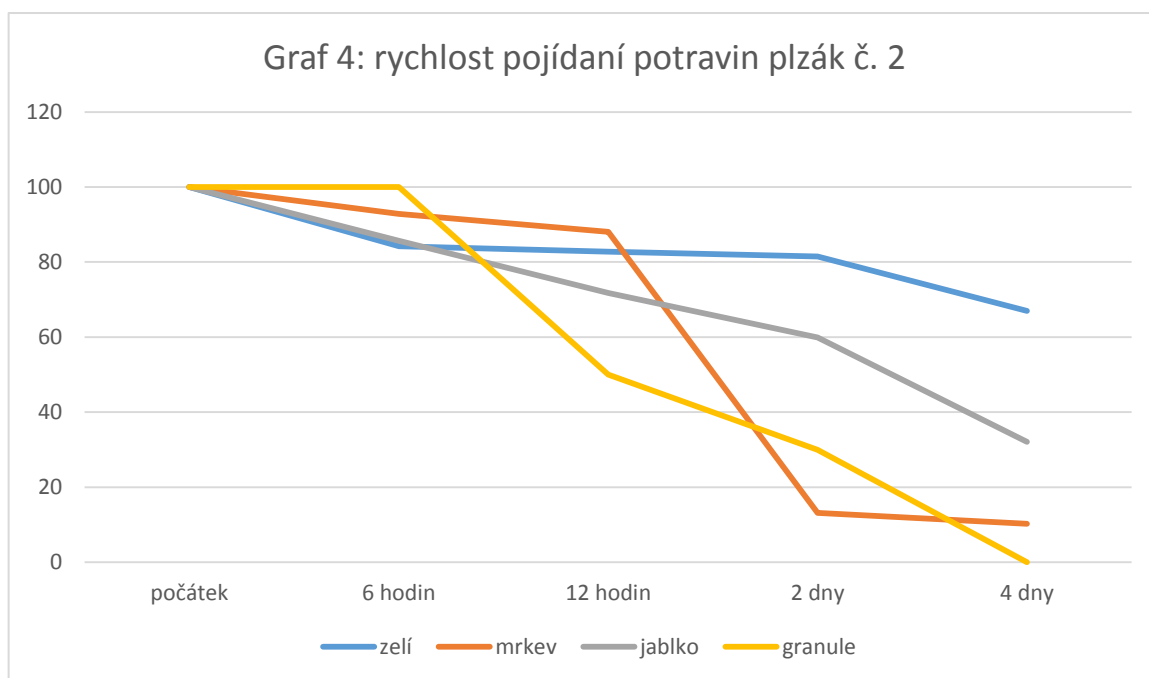


Obr. 32 Obrázek vlevo ukazuje výchozí stav těsně po umístění plzáka č. 1 k nabízeným potravinám. Miska vpravo zachycuje situaci po čtyřech dnech.

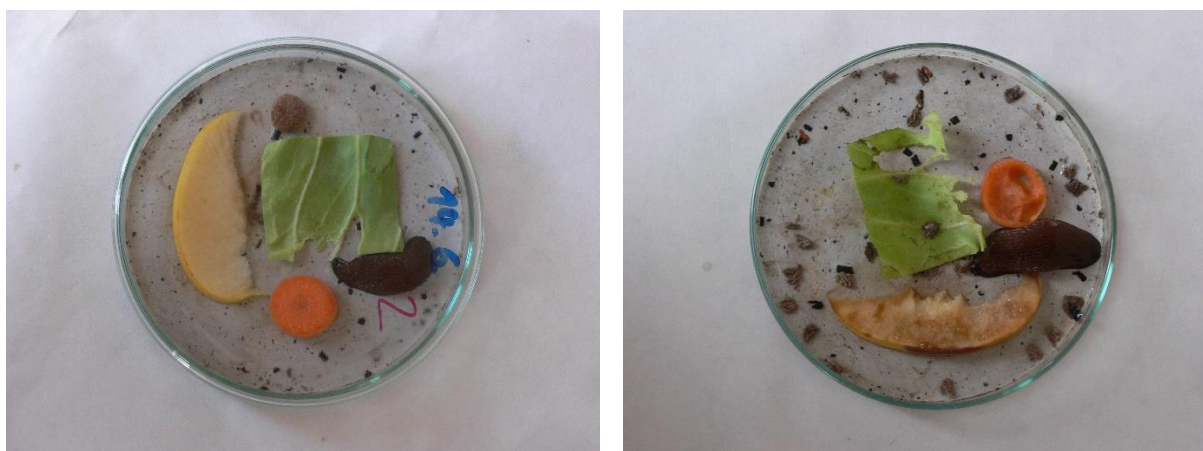
Plzák č. 2 a jeho potravní preference



Z grafu č. 3 lze vyčíst, že plzák č. 2 (na obrázku 33 Petriho miska s tímto jedincem) preferoval opět granuli; druhou nejoblíbenější potravinou byla mrkev. Nejméně preferovanou potravou bylo zelí, kterého zkonsumoval pouhou třetinu.

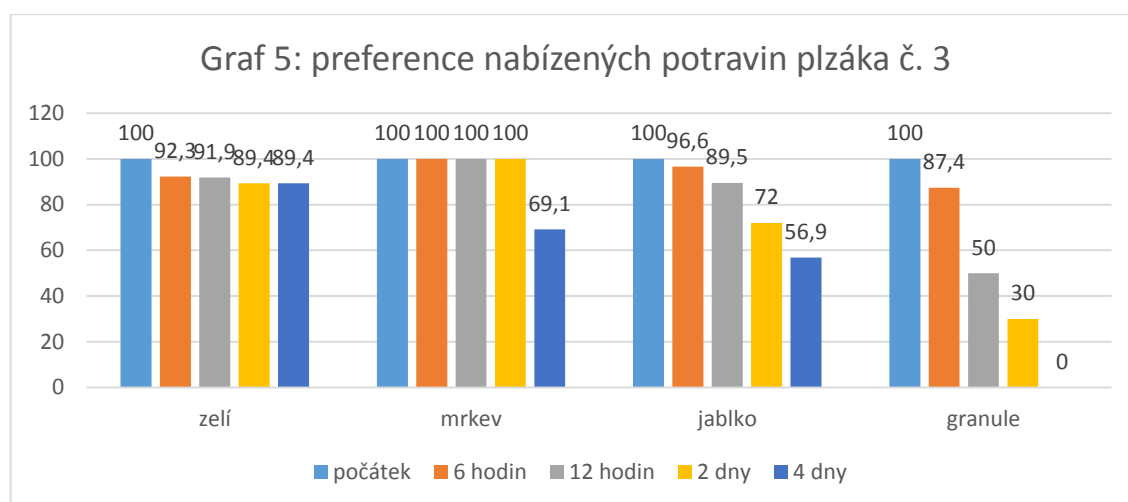


Z grafu č.4, který znázorňuje rychlost, jakou jedl plzák nabízenou potravu, lze vyčíst, že nejrychleji jedenou potravou na počátku bylo jablko a zelí, což se ve druhé půli sledovaného času změnilo a došlo k preferenci granule a mrkve.

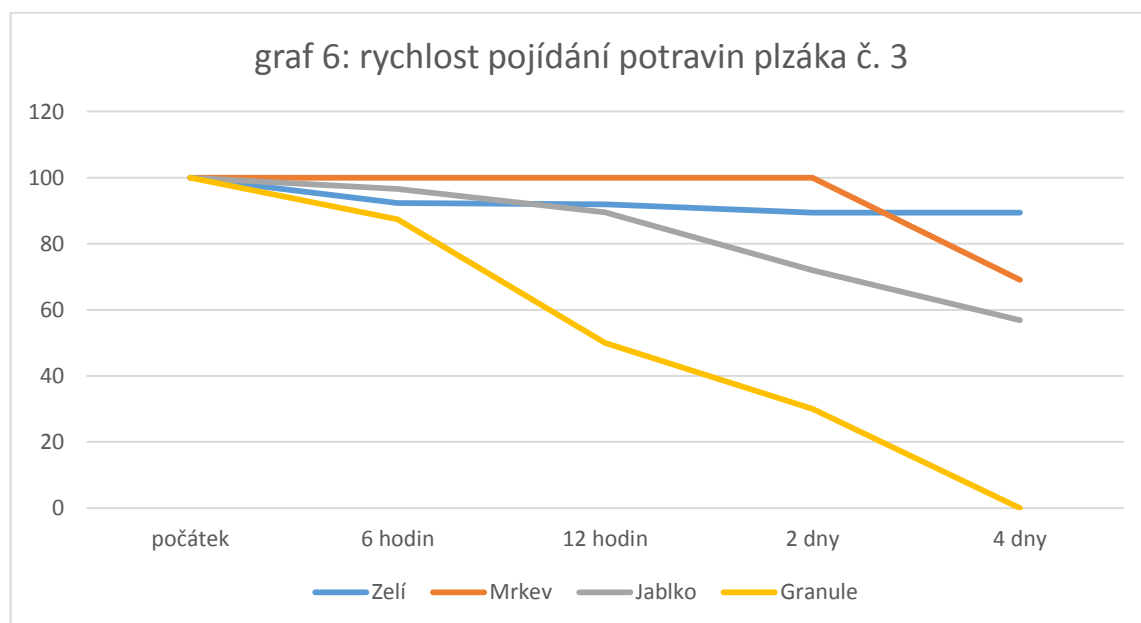


Obr. 33 Obrázek vlevo ukazuje výchozí stav těsně po umístění plzáka č. 2 k nabízeným potravinám (přesto již chybí část zelného listu). Miska vpravo zachycuje situaci po čtyřech dnech

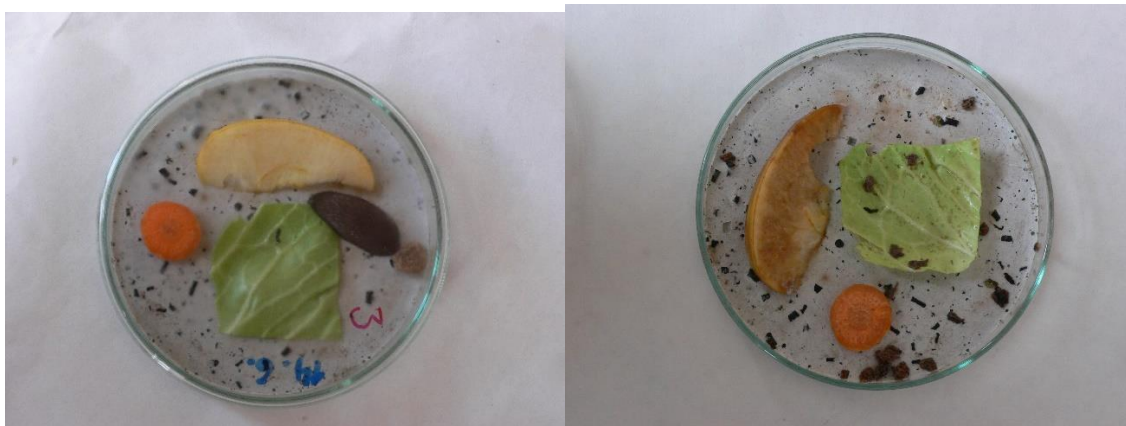
Plzák č. 3 a jeho potravní preference



Z grafu č. 5 lze vyčíst, že plzák č. 3 (konkrétní jedinec na obrázku 34) stejně jako oba předchozí jedinci preferoval granuli. Nejvíce v misce zbylo zelí, kterého snědl pouze 11 %.

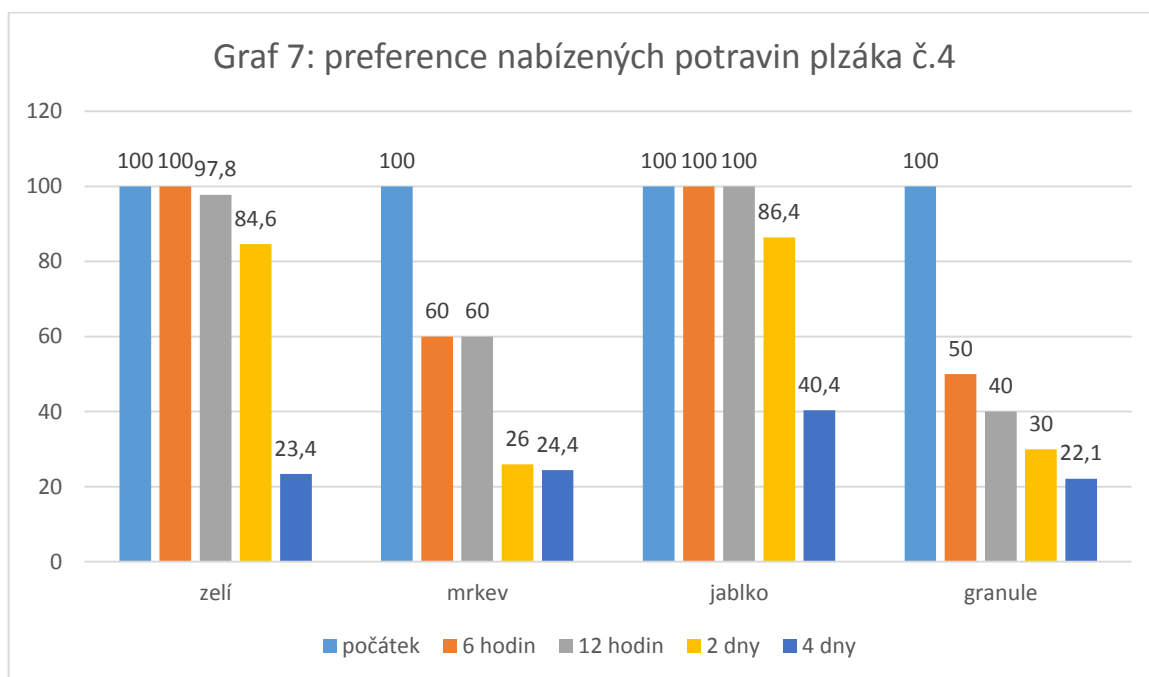


Spojnicový graf č. 6 ukazuje, že nejrychleji plzák č. 3 pojídal granuli. Zajímavé je, že mrkev první dva dny nepožíral vůbec, a začal ji vyhledávat až ve druhé půli sledovaného času. Ze začátku preferoval vedle granule také zelí, ale po šesti hodinách jej skoro přestal vyhledávat (dalo by se říci, že jen „lehce užídal“).

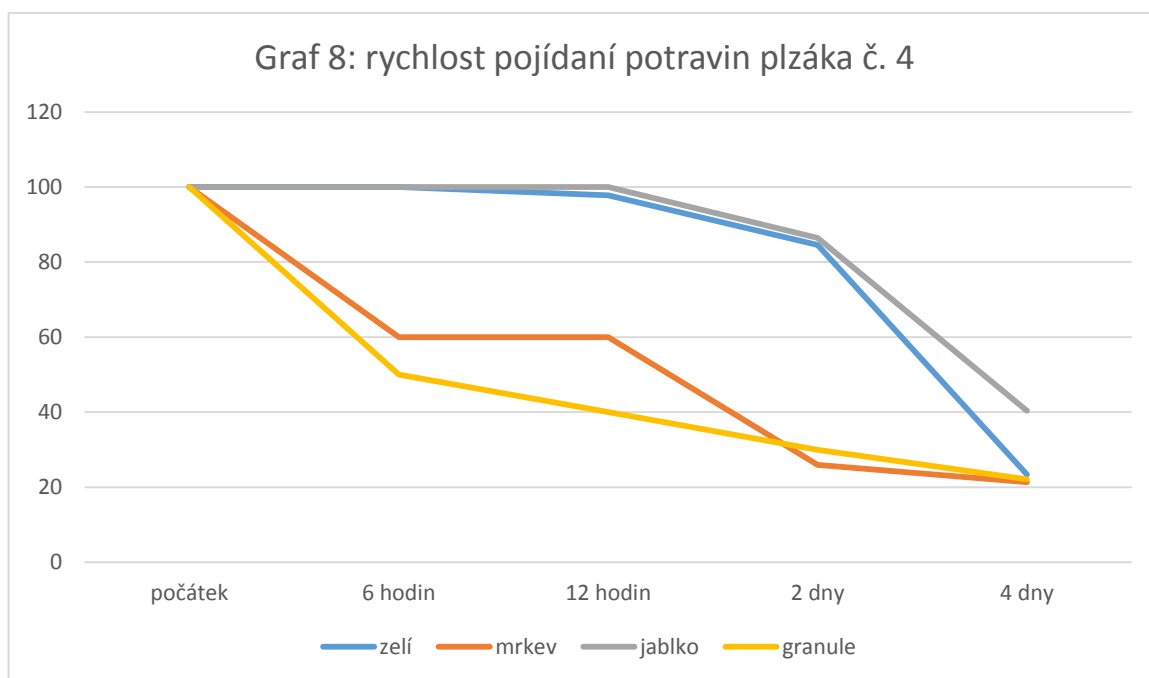


Obr. 34 Obrázek vlevo ukazuje výchozí stav těsně po umístění plzáka č. 3 k nabízeným potravinám. Miska vpravo zachycuje situaci po čtyřech dnech

Plzák č.4 a jeho potravní preference

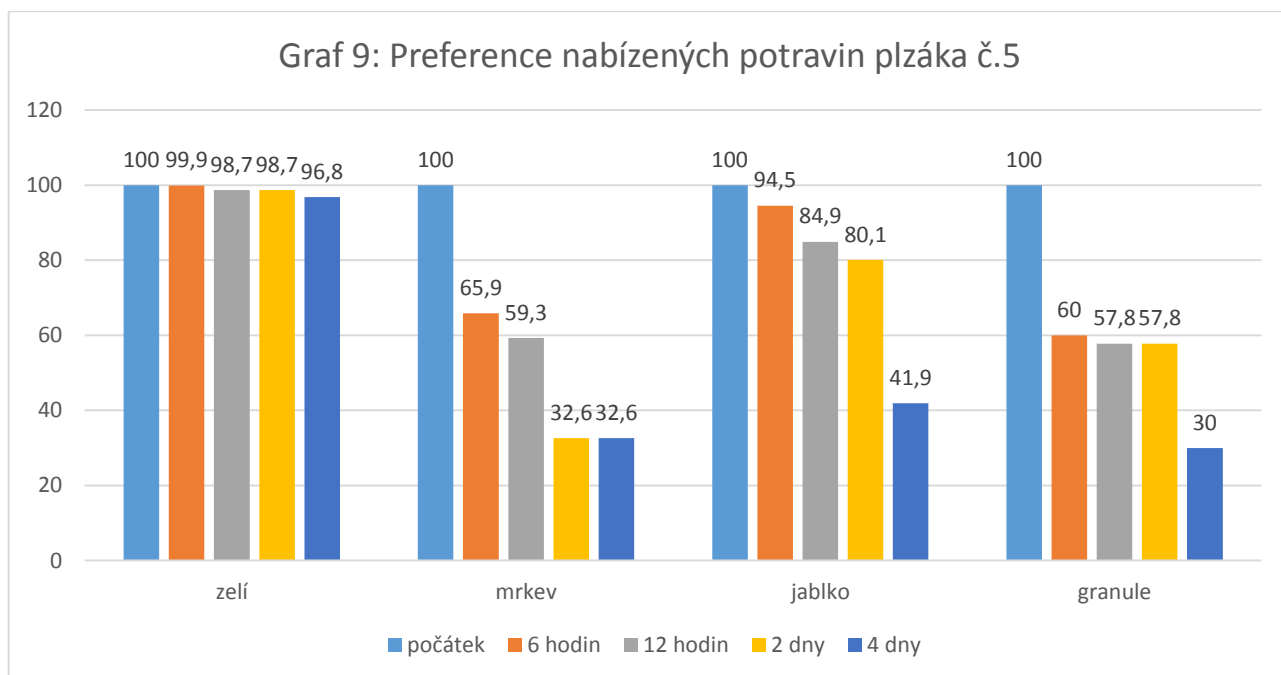


Na grafu č. 7 je patrné, že i plzák č. 4 preferoval granuli a mrkev. Oproti předchozím jedincům zprvu téměř ignoroval jablko, přesto i z něj nakonec snědl více než polovinu.

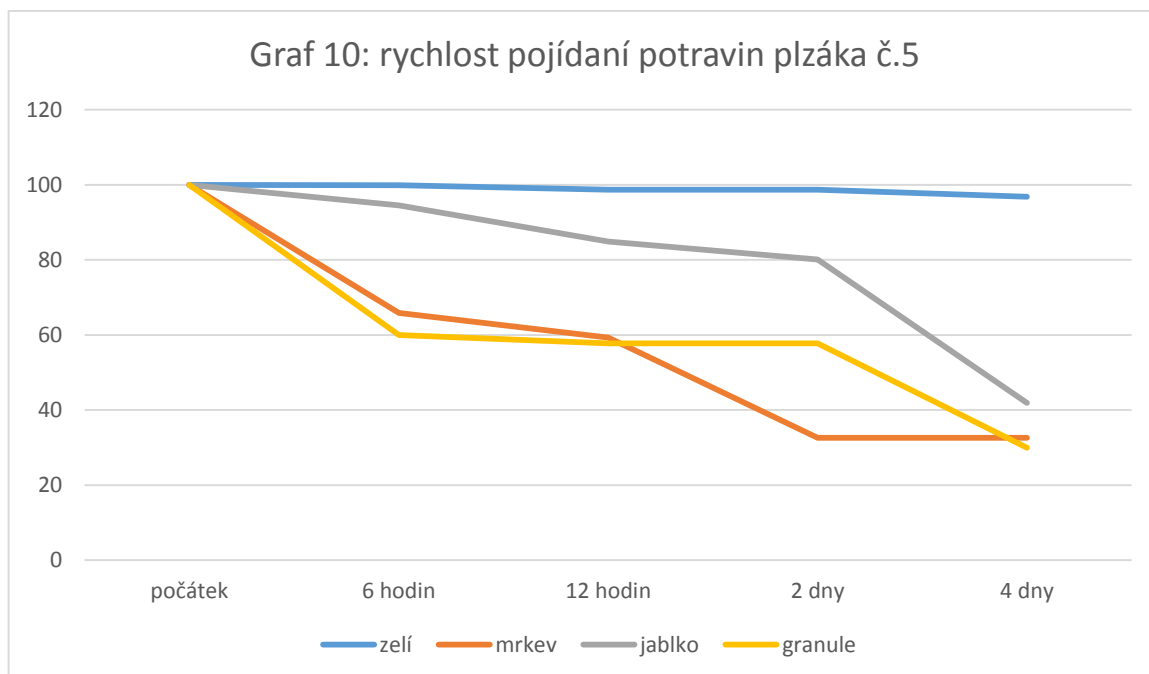


Graf 8 znázorňuje rychlost jedené potravy plzákem č. 4. Nejstrměji ubývala granule a mrkev, ve druhé půli sledování následované zelím.

Plzák č.5 a jeho potravní preference



Graf č. 9 potravní preference u plzáka č. 5 na obrázku č. 35 ukazuje, že i pro tohoto jedince byla zprvu nejlákavější granule následovaná mrkví. Zelí tento jedinec téměř ignoroval a v podstatě jej spíše jen „ochutnal“ (ujedl necelá čtyři procenta).

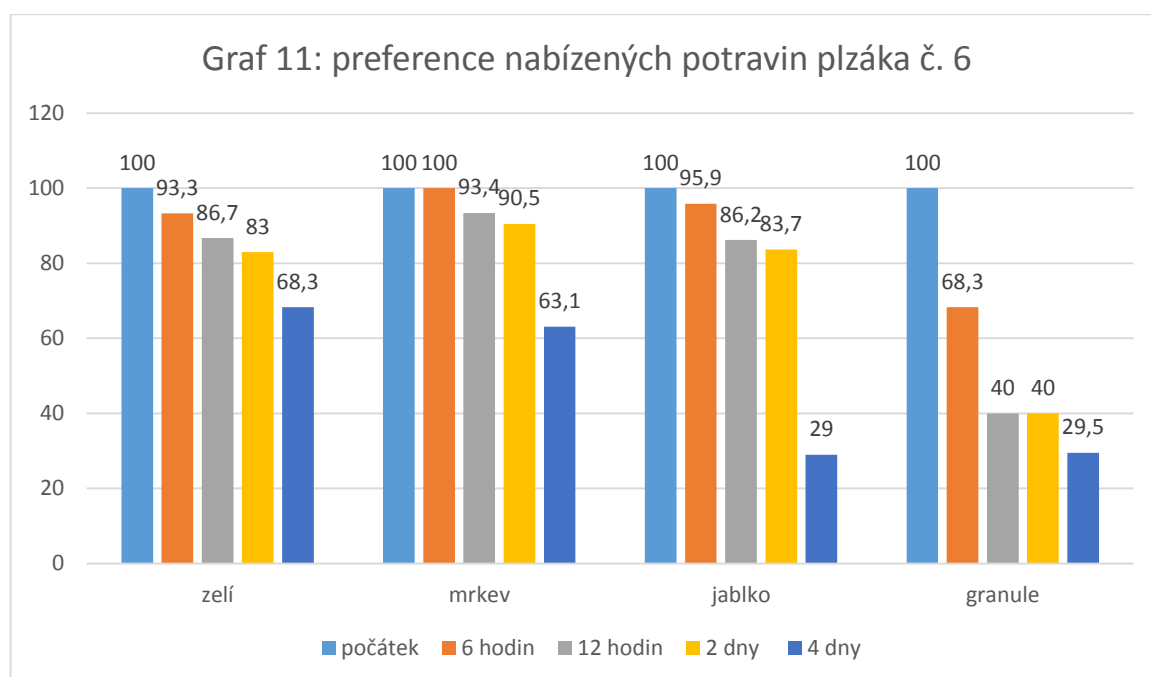


Graf č. 10 rychlost ubývání pojídané potravy ukazuje, že plzák č. 5 nejrychleji jedl mrkev a granuli. Zelí téměř nebylo dotčeno, jablko se stalo spíše doplňkovou potravou.

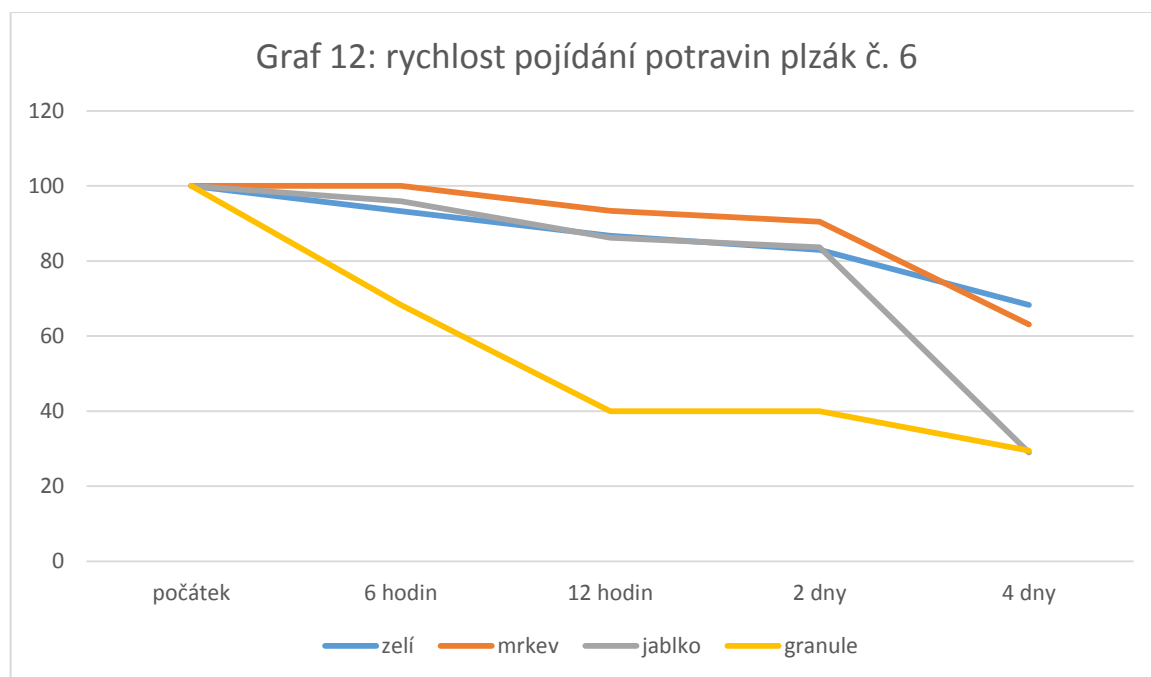


Obr. 35 Obrázek vlevo ukazuje výchozí stav těsně po umístění plzáka č. 5 k nabízeným potravinám. Miska vpravo zachycuje situaci po čtyřech dnech.

Plzák č. 6 a jeho potravní preference



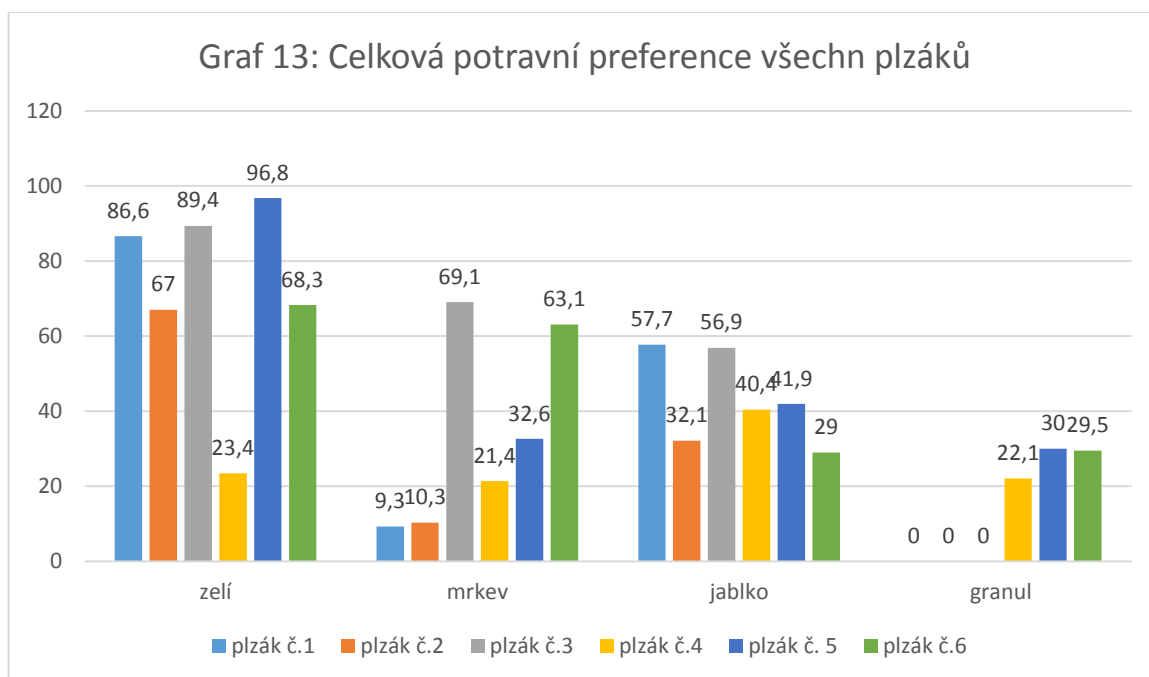
Graf č. 11 potravní preference u plzáka č. 6 (na obrázku 36 v misce s potravní nabídkou) ukazuje, že nejvíce preferovanými potravinami tohoto plže bylo jablko a granule, mezi těmito snědenými potravinami byl pouze 0,5% rozdíl. Méně preferovanými potravinami byly zelí a mrkev, rovněž téměř bez rozdílu v odběru potravy.



Graf č.12 znázorňuje, že nejrychleji pojídanou potravinou plzáka č. 6 byla granule. Poslední dva dny se nejrychleji pojídanou potravinou stalo jablko.



Obr. 36 Obrázek vlevo ukazuje výchozí stav těsně po umístění plzáka č. 6 k nabízeným potravinám. Miska vpravo zachycuje situaci po čtyřech dnech.



Graf č. 13 znázorňuje porovnání potravních preferencí všech sledovaných plzáků. Je patrné, že z hlediska těchto nahých plžů je nejoblíbenější potravou granul. Nejméně chutným se v mém sledování jevílo zelí (všichni jedinci jej požírali z nabídnutých potravin nejméně). „Nejžravějším“ plzákem byl plzák č. 4, který snědl ze všech nabízených potravin víc než polovinu; spotřeba ostatních jedinců byla menší.

Závěr

Pokus zkoumající potravní preference je náročnější, jak z časového hlediska, tak i po stránce technického vybavení. Jeho výsledky jsou však zajímavé a dobře dokumentují „žravé“ schopnosti plzáků.

Předestřené experimentální uspořádání lze pozměnit: žáci sami mohou vytvořit seznam nabízené potravy tak, aby zkoumali potraviny, jejichž ne/jedlost či ne/chutnost je samotné zajímavá. Doporučuji mezi ně zahrnout i potravu, se kterou se plzáci běžně nesetkávají – na chování při jejím předložení lze dokumentovat adaptační schopnost plzáků.

Pokus je potřeba rozplánovat do čtyř vyučovacích hodin. V první z nich s žáky rozdělenými do skupin připravíme Petriho misky, které vylijeme sádrou s přidaným aktivním uhlím (lze poukázat na přesah do mineralogie; při práci se sádrou můžeme zmínit nerost sádrovec, hygroskopii a také vznik a použití dřevěného uhlí). Je potřeba, aby vylití misek proběhlo co nejdříve a sádra do konce hodiny dostatečně ztuhla a zchladla. Sádra by měla ztuhnout do 20 minut. Urychlit tuhnutí a schnutí lze pomocí fěnu, zchlazení lze provést uložením misek do chladničky či na venkovní okenní parapet (umožňuje-li to venkovní klima). V průběhu tuhnutí sádry je vhodné se věnovat přípravě potravin nabízených plzáků: je nezbytné, aby nabídka byla standardizovaná a každý plzák dostal stejné množství potravy.

Po ztuhnutí a zchladnutí sádry misky navlhčíme a vložíme do nich nabízenou potravu a jednoho jedince plzáka španělského. Všechny misky označíme značkou na víčku. Každá žakovská skupina následně určí dva zástupce, kteří budou ve stanovený čas misky kontrolovat a fotografovat. Nejvhodnější je vytvořit stabilní místo pro fotoaparát uchycený ve stativu a misky k němu vždy v době sběru dat přinést a vyfotit ve stejné pozici i vzdálenosti.

Po druhé vyučovací hodině pokus ukončíme a žáci na ní pořídí poslední fotografie svých misek, misky vymyjí a plzáky uloží do dočasného chovu pro využití při dalších pozorováních či pitvě. Její druhá polovina bude věnována analýze nasbíraných dat v počítačové učebně. Vyhodnocování fotografií jsem prováděla v programu Image Tool, je však možné použít i další volně dostupné programy schopné měřit plochu. Měření plochy lze provádět i bez znalostí absolutních velikostí nabízené potravy, protože porovnávání plochy se provádí na relativizovaných hodnotách. Každá skupina změří své fotografie a za pomoci programu Excel nakreslí grafy ubývání potravy. Z nich je dobře patrné, jak rychle který typ potravy ubývá a co jednotliví plzáci preferují.

Třetí vyučovací hodina je věnována výrobě posterů, na kterých žáci zveřejní svá data a jejich vizualizaci. Žáci v této hodině ve skupinkách vyrobí plakáty doprovázené fotografiemi pozorovaných misek, díky nimž budou moci porovnat potravní preference jednotlivých sledovaných jedinců.

Čtvrtá vyučovací hodina je ve skutečnosti „minikonferencí“: její náplní je diskuze nad výsledky. Žáci si při ní prohlédnou vzniklé plakáty a prezentují vlastní naměřená data. Plakáty lze následně použít na výzdobu třídy či je využít jako doplňkový výukový materiál.

Při tomto experimentu si žáci vyzkouší nejen dlouhodobou manipulaci s živými tvory, ale také základy analýzy obrazu a práci s méně obvyklou technikou (fotoaparát se stativem, „měřicí“ program, Excel), jakož i základy popisné statistiky.

Předložená úloha se může stát i školním projektem, který může probíhat celý týden například v rámci většího projektu o jídle, potravinách či synantropních živočiších.

4.6 Závody nahých plžů

Žáci, kteří měli možnost v přírodě pozorovat nahé plže, vědí, že jejich pohyby jsou pomalé a plazivé. Mnoho ostatních si však nedokáže představit, jak rychlí plzáci a jejich příbuzní mohou být -- proto je tato úloha vhodná k praktickému zodpovězení dané otázky.

Nejsme všichni stejně rychlí

Na tomto úkolu budeme demonstrovat rychlost plzáků (a případně jejich příbuzných), a to tak, že jim vytvoříme závodní dráhu a vypočítáme průměrnou rychlost pozorovaného pohybu, takže využijeme mezipředmětový vztah s fyzikou a matematikou. Protože je potřeba připravit „závodiště“ a vytyčit trasy, rozvíjí se i další kompetence. Žáci budou muset za pomoci provázku, křídly a špejle vytvořit dráhu, a to může být pro některé obtížné, ale zde jim bude nápomocen vyučující-vedoucí závodu (Jančaříková et al. 2005).

Materiální vybavení

- dostatečné množství plzáků stejné velikosti z jedné lokality
- křídly (jedna dostatečně dlouhá, aby šla přivázat na provázek či nit; a pro každého závodníka-nahého plže jednu na sledování uražené dráhy)
- provázek; případně můžeme zvolit alternativu v podobě niti
- ostřikovač s odstátou vodou na kropení závodní dráhy

- matematické a fyzikální tabulky (KOTLÍK, Bohumír et al. 2011: *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro SŠ a nižší ročníky víceletých gymnázií*. 2. vyd. Praha: Fragment. 286 s. ISBN 978-80-253-1227-8.)
- kalkulačka
- stopky
- fotoaparát se stativem

Experimentální uspořádání

Tento úkol budeme provádět mimo učebnu, buď přímo na školním pozemku/zahradě, nebo v blízkosti školy. Je třeba vybrat klidnou lokalitu s dostatkem stínu a zároveň pevnou, rovnou a relativně hladkou plochou. Nejlépe je úkol provádět na asfaltu či betonu (nebo vyrovnaném dláždění), který se dá navlhčit, abychom plzákům pohyb usnadnili. Každý žák si musí svého závodníka najít sám, ale učitel musí žákům se sběrem pomáhat, a kontrolovat nalezené jedince. Kdyby byli žáci v hledání neúspěšní, musí mít učitel nějaké plzáky španělské v záloze, protože jinak by se závod konat nemohl, a žáci by byli zklamaní. Nasbírané plzáky po skončení závodu uchováme ve vhodných podmínkách na další pokusy.

Po shromáždění dostatečného množství závodníků přistoupíme k přípravě závodní dráhy, a to takže na námi zvolenou pevnou plochu za pomoci křídý a provázku narýsujeme z jednoho středu dva kruhy, první kruh o průměru přibližně 15 cm a druhý bude s průměrem 1,5 m (viz obrázek 40). Dráhu před startem mírně pokropíme vodou, aby měli závodníci ideální podmínky k lezení, a když dráha během závodu oschne, pokropíme jí ostřikovačem znovu. Výchozí bod všech jedinců je vnitřní kruh, do kterého je položíme současně, hlavovým koncem ven. Zaznameneáme čas startu. Plzák, který první překročí vnější kruh celou délkou chodidla, se stává vítězem (Jančaříková et al. 2005).



Obr. 40 závodní dráha se závodícími plzáky

Předem můžeme stanovit čas, jak dlouho bude závod trvat; případně se rozhodnout ukončit závod ve chvíli, kdy vnější kruh překročí $\frac{3}{4}$ lezoucích plžů (v případě rychle a ochotně lezoucích účastníků všichni). V průběhu závodu se žáci snaží křídou kopírovat dráhu, kterou plzáci lezli, aby mohli po skončení závodu její délku změřit provázkem či nití. Když první plzák opustí vnější kruh, ihned zaznamenáme jeho (vítězný) čas, a pokračujeme ve sledování dalších jedinců.

Když všichni závodníci (nebo jejich $\frac{3}{4}$ či jiné předem dohodnuté procento) opustí kruh, je závod u konce. Můžeme jej rovněž ukončit po předem stanoveném a dohodnutém čase. Následně každý žák za pomoci provázku či nitě změří délku dráhy svého závodníka a zaznamená ji do přehledové tabulky.

Za pomoci matematicko-fyzikálních tabulek je možné spočítat rychlost jednotlivých závodníků: plž, který překročil kruh první, totiž nemusí urazit nejkratší dráhu. Vzorec pro výpočet rychlosti (v) je poměrně jednoduchý: $v = s/t$; kdy v je rychlost, s je dráha, a t je čas. Výpočet tak zvládnou i mladší žáci (Kotlík 2001).

Výsledky vlastního závodu plžáků

I toto pozorování jsem vyzkoušela v praxi, abych dokázala, že je jednoduše proveditelné. K pokusu jsem využila prostor nekuřáckého dvorku PedF UK (M. Rettigové 4, Praha 1), kde jsem na podkladu z dlaždic vytvořila závodní dráhu pro získané

plzáky (čtyři jedince plzáka španělského (*Arion vulgaris*) a jednoho plzáka lesního (*Arion rufus*)).

Protože plzáci dosahují různých rozměrů, nejprve jsem změřila délku každého ze závodníků (uraženou dráhu je vhodné standardizovat vydělením délkou závodníka, aby větší jedinci nebyli zvýhodněni oproti menším). Nejdelším použitým závodníkem byl právě plzák lesní, který dosáhl v nataženém stavu délky 11 cm. Plzáci španělští měřili od 5,5 cm do 7 cm a měli různé tělesné proporce, podle kterých je bylo možno v průběhu závodu lehce odlišit na první pohled.

Před začátkem závodu byla dráha pokropena vodou, aby se plzákům lépe lezlo (na navlhčené dráze lezou plzáci obecně ochotněji). Pokusné pozorování bylo provedeno odpoledne; sledování začalo v 11.22 a skončilo ve 12.12. Celý závod tak trval 50 minut. Nejrychleji kruh opustil plzák lesní; dva plzáci španělští závod nedokončili (postupně se přestali pohybovat, případně ani nezačali). Čtyři závodníci opustili alespoň první (středový) kruh, ale poslední z plzáků španělských se pohyboval pouze ve vnitřním kruhu. Tento plzák stál dlouho nehybně na startu. Dráhu jsem během závodu několikrát pokropila vodou, aby měli plzáci ideální podmínky k pohybu.



Obr. 41 průběh závodu. Křídové linie ukazují klikatou cestu jednotlivých „závodníků“.

Během závodu (Obr. 41) jsem plzákům měřila čas a po skončení závodu (Obr. 42) změřila rovněž křídou zakreslenou uraženou dráhu, abych mohla vypočítat rychlost, jakou se závodníci pohybovali.

Tabulka 5. Záznam průběhu závodu plzáků. Míra – délka nataženého jedince v centimetrech; čas – doba potřebná k opuštění vnějšího kruhu; dráha – absolutní délka dráhy; zvláštnosti – poznámky k jednotlivým závodníkům; rychlost – průměrná rychlost jednotlivých závodníků.

| Závodníci | Míra | Čas | Dráha | Standardizovaná drahá | Zvláštnosti | Rychlost m/s |
|------------------|--------|--------|--------|-----------------------|--------------------------------|--------------|
| Plzák lesní | 11 cm | 22 min | 233 cm | 21 cm | | 0,0017 |
| P. španělský č.1 | 7 cm | 50 min | 91 cm | 13 cm | Nedokončil závod | 0,0003 |
| P. španělský č.2 | 6,3 cm | 38 min | 117 cm | 19 cm | | 0,0005 |
| P. španělský č.3 | 6 cm | 29 min | 143 cm | 24 cm | | 0,0008 |
| P. španělský č.4 | 5,5 cm | 50 min | 130 cm | 24 cm | Nedokončil závod Jedl křidu | 0,0004 |



Obr. 42 Ukončení závodu. Na dráze jsou již jen plzáci, kteří závod nedokončili.

Závěr

Ověřila jsem, že úloha je pro žáky snadno proveditelná; navíc byla ozkoušena i na žácích nižšího stupně (viz Jančaříková et al. 2005). V úloze využijeme i mezipředmětové vztahy s fyzikou díky výpočtu průměrné rychlosti jednotlivých závodníků; a také s matematikou,

když budou žáci pracovat s pravítkem a vytvářet soustředné kružnice, tedy geometrické tvary (Jančaříková et al. 2005). Úloha se dá použít i na základní škole na vyšším stupni, ale mohla by se provádět i na střední škole, ale spíše ve specializovaném semináři než v běžných hodinách (nelze zaručit dostatečnou rychlost pohybu závodníků a tudíž nepřesazení délky jedné vyučovací hodiny).

4.7 Co nahým plžům vyhovuje nejlépe

Tímto pokusem by měli žáci zjistit, po kterém povrchu se plži pohybují nejsnadněji, a zdali jev rychlosti pohybu po různých površích měřitelný rozdíl. Úloha je opět vhodná do venkovního prostředí, pro její ideální provedení je nezbytná školní zahrada či dvorek. Pro potřeby pozorování je nezbytné mít nejméně tři různé povrchy (v mém případě vegetací porostlý (zatravněný) povrch, dlaždice a dřevěné hobliny).

Materiální vybavení

- plzáci španělští
- Zahradní dlaždice
- Travnatý povrch
- Dřevěné hobliny*
- Dlouhý provázek, který se bude moci dát rozstříhat, protože je vhodné, aby žáci rozdělili do menších skupin, aby bylo pozorování pohodlné
- Špejle větší množství (špejle a provázek poslouží k vyměření plochy, po které se budou plzáci pohybovat)
- Lopatka a smetáček (na úklid sypkého povrchu)
- Stopky, tolik kolik bude vytvořených skupin
- ostřikovač s odstátou vodou na kropení závodní dráhy

* lze využít i další typy povrchů – popel, písek, štěrk atd.

Experimentální uspořádání

Pro toto pozorování doporučuji použít pouze plzáky španělské; především díky jejich dobré dostupnosti, ale také kvůli odstranění případných mezidruhových rozdílů v rychlosti pohybu jako takových. Stejně jako v přechozí úloze (str. 76) žáci mohou plzáky nalovit sami; případně je připraví vedoucí praktika. Pokud budou žáci sbírat

plzáky sami, musí tak činit za přítomnosti odborného dohledu, který jim poradí nebo pomůže s určením, zdali opravdu našli plzáka španělského.

Aby byly výsledky srovnatelné, je potřeba zajistit všechny tři zvolené povrchy ve stejné ploše. Nejvhodnější je prostor pro každý povrch vyměřit za pomoci špejlí a provázku, které zůstanou po celou dobu pozorování na vytyčeném místě. Doporučuji, aby měl prostor pravidelný tvar a stejné rozměry např. čtverec 40×40 cm Dále je nezbytné předem určit délku pozorování (v mém případě 5 minut). Hobliny (či jiný sypký substrát) se do příslušných čtverců umisťují těsně před pozorováním, aby je nesvál případný vítr.

Plzáky před začátkem pozorování položíme do středu vytyčeného čtverce, a následně pozorujeme jejich aktivitu na daném typu povrchu. Všímáme si nejen rychlosti pohybu, ale i dalších projevů plzáků – vraštění či komíhání tykadel, zvedání okrajů chodidla; celkové (ne)ochoty k pohybu, míry pokusů o ukrytí. Proto je vhodné pozorování provádět v menších skupinách max. po 4 studentech: tři pozorovatelé nespouští oči z pozorovaného jedince, zapisovatel zaznamenává. Uprostřed pozorování si žáci role rychle vymění. Pokud některý jedinec překročí hranice vytyčené plochy před koncem pozorování, vrátí jej pozorovatel zpět do středu čtverce.

Po skončení pokusu po sobě veškerý sypký materiál, dodaný na místo kvůli pozorování uklidíme. Plzáky španělské využijeme na další pozorování, nebo je vyučující šetrně zlikviduje (přeci jen se jedná o nejnebezpečnějšího měkkýšího škůdce v Evropě (Rabitsch 2006, Dasie).

Výsledky vlastního pozorování

Pro porovnání s návodem jsem i toto pozorování ověřila v praxi, abych dokázala, že je jednoduše a úspěšně proveditelné. K pokusu jsem využila prostor nekuřáckého dvorku PedF UK (M. Rettigové 4, Praha 1), kde jsem na třech površích vyzkoušela aktivitu tří jedinců plzáka španělského. Na každém povrchu jsem nechala plzáky plazit 5 minut.

Prvním typem povrchu byla hladká zahradní dlažce (Obr. 37), která měřila 40×40 cm. Z této velikosti následně vyplynula i plocha dalších dvou typů pohybu. Dlaždici jsem předem pokropila odstátou vodou, aby měli plzáci ideální podmínky pro pohyb. Tři plzáky španělské jsem umístila do středu dlaždice, a začala pozorovat jejich aktivitu. Všichni tři jedinci brzy začali aktivovat („rozkoukávali“ se s vytaženými očními stopkami), a dva jedinci se ihned dali do pohybu. Třetí jedinec vystrčil pouze jedno tykadlo. Po necelých dvou minutách opustil první plzák dlaždici, okamžitě byl vrácen do jejího středu. Druhý plzák opustil dlaždici až po uplynutí dvou minut, a i on byl vrácen

středu. Třetí plzák v té době dosud neopustil střed dlaždice a pouze pozoroval okolí. Po přemístění se první dva jedinci dali opět do pohybu, a než uplynul časový limit 5 minut, znovu opustili dlaždici. Třetí plzák byl celých 5 minut jen velmi málo aktivní, pouze pozoroval okolí a svůj pohyb omezil na hýbání tykadly.



Obr. 37 pohyb plzáků po zahradní dlaždici

Druhým povrchem, který jsem zvolila, byl povrch porostlý vegetací (obr. 38). Za pomoci provázku a špejlí jsem si vytyčila prostor o velikosti 40×40 cm, velikostí odpovídající dlaždici, a vegetaci (krátce zastřiženou travu s příměsí běžných bylin) pokropila odstátou vodou. Do středu travnatého čtverce jsem opět umístila trojici pozorovaných plzáků (použila jsem stejné jedince jako v předchozím pozorování), a začala měřit čas. U dvou plzáků nastala téměř okamžitě aktivita, třetí opět ležel ve středu na startovní pozici s mírně sraštělou nohou. Jeden z pohybujících se plzáků začal aktivně zdolávat vegetaci, avšak neprolézal do jejího nitra – pohyboval se po jejím povrchu. Během několika minut ulezl kus od středu. Druhý plzák byl o něco méně aktivní než první; a dokonce i v předchozím pozorování neaktivní třetí plzák začal pomalu natahovat nohu a rozhlížet se. Při pohybu ve vegetaci porostlé ploše byli všichni plzáci více obezřetní a nejevili tendenci opustit vytyčený prostor. Všichni tři postupně začali směřovat k povrchu země pod vegetací. V průběhu pěti minut pozorování se všichni tři plzáci ukryli pod vegetací na povrchu země, stáhli tykadla a přestali se hýbat.



Obr. 38 pohyb plzáků po travnatém povrchu

Třetí povrch, který jsem zvolila, byly dřevěné hobliny (Obr. 39). Dají se jednoduše pořídit i ve městě v obchodech s chovatelskými potřebami; a jsou prototypem pro plzáky obtížně zdolatelného povrchu. Dřevěné hobliny jsem zvolila, protože plzák španělský je významný škůdce pěstovaných plodin v zahradách, a jedna z tzv. „babských rad“ doporučuje pro boj s tímto nahým plžem. Dřevěné hobliny by se měli rozsypat okolo pěstovaných plodin, a plzák španělský má ztížený pohyb a nebude ožírat pěstovanou zeleninu, ovoce či rostliny. A tímto pokusem chci dokázat, zdali tato rada funguje (Vaculová 2008). Místo pilin lze použít rovněž suchý písek, popel, slámu či ovesné vločky. Dřevěnými hoblinami jsem pokryla povrch v úvodní sekvenci pozorování použité dlaždice, takže i tato plocha měla rozměry 40×40 cm. Dřevěné hobliny jsem rovněž pokropila odstátou vodou a plzáky umístila doprostřed plochy vysypané pilinami. Rozdíl ve způsobu pohybu oproti oběma předchozím povrchům byl markantní: plzáci se snažili minimalizovat kontakt s hoblinami a spíš lezli jeden přes druhého. Jednotlivé hobliny se jim zachycovaly na povrch těla. Nakonec jeden z plzáků zamířil směrem ven z hoblinové plochy. Zbylí plzáci setrvali ve středu plochy a pohybovali pouze tykadly. Aktivní plzák posléze zmírnil svou aktivitu a pohyboval se pomaleji. Po třech minutách se dali do pohybu i dva původně neaktivní plzáci, ale jejich pohyb byl velmi obezřetný a pomalejší. Do uplynutí časové lhůty pěti minut neopustil žádný plzák hoblinami pokrytý povrch, pouze po celou dobu nejaktivnější plzák dosáhl hlavou na rozhraní hoblinového povrchu a okolních dlaždic.



Obr. 39 pohyb plzáků po povrchu z dřevěných hoblin

Závěr

Vlastním pozorováním se mi povedlo dokázat, že toto cvičení je nenáročné na provedení i materiál, a proto je jeho zařazení do školní výuky snadné. Žáci na něm mohou naučit i zručnosti – v případě, že sami budou vytyčovat pozorovanou plochu. Vyzkouší si rovněž práci se stopkami a dělení funkcí ve skupině. Pozorování se dá použít na obou stupních ZŠ, lze jej provést i na střední škole, kde se však hodí spíše do specializovaného semináře s menším počtem frekventantů. Na pokus by měla stačit jedna vyučovací hodina.

Žáci uvidí plzáky pohybovat po různých materiálech, a budou mít vlastní srovnání, jak který povrch, ovlivňuje pohyb plzáka. Na dlaždicích se plzáci pohybovali velmi obratně, pohyb jim nedělal žádný problém. Plzáci se snažili opustit vytyčený prostor dlaždice, což se některým povedlo během 5 minut i dvakrát. Na travnatém povrchu se také pohybovali aktivně, ale nesnažili se opustit vytyčený prostor, zde měli spíše tendenci schovat se pod vegetaci. Na povrchu, který byl vytvořen z dřevěných hoblin, byl pohyb plzáků pomalý, a plzáci neměli ani tendenci být aktivní, tento povrch jim nevyhovoval. Dřevěné hobliny se lepí plzáků na tělo, a to vede ke ztrátě vody, takže je to plzáky nepřátelské prostředí. Takže „babská rada“ na obsypání plodin dřevěnými hoblinami, má nějaký účinek. Žákům by mělo být vysvětleno, proč je plzák španělský obávaný škůdce, a proč s ním zahrádkáři bojují a likvidují ho. Na základní škole by to mělo být vysvětleno nějak šetrně, a také by se mělo žákům vysvětlit, aby oni sami nelikvidovali plzáky, protože by mohli zlikvidovat jiný druh, který není nebezpečný.

4.8 Pitva plzáka španělského (*Arion vulgaris*)

V kapitole 3.10 (str. 35–39) se čtenáři mohou detailně seznámit s plzákem španělským. Tato kapitola a zároveň návod na pitevní laboratorní cvičení vás detailně provede pitvou a seznámí s topologií vnitřních soustav.

Pitva

V předchozích úlohách jsem nahé plže podrobila pozorování týkajících se vzhledu, pohybu, reakcí na podněty či sledovala jejich potravní preference. V poslední úloze však nahlédneme do nitra plzáka a prozkoumáme jeho vnitřní uspořádání.

Materiální vybavení

Pitevní praktikum je určeno menšímu počtu studentů a hodí se především pro přírodovědně zaměřené semináře či laboratorní cvičení z biologie. Nejvyšší doporučený počet účastníků je **16**; pitvání samotné je prováděno **ve dvojicích**. Z toho také vychází materiální nároky pitevního praktika:

- osm plzáků španělských (při maximálním obsazení praktika)
- pitevní tácek či miska s voskovo-parafínovou vrstvou
- dlouhé špendlíky s robustnější kulatou hlavičkou (pro fixaci plzáka na misce)
– pro každou pitvající dvojici alespoň 10 špendlíků, raději však více
- jemné oční nůžky či nůžky s ostrými jemnými hroty (osm kusů)
- tvrdá entomologická pinzeta (osm kusů)
- preparační jehla (lépe dvě pro každou dvojici; tedy 8–16 kusů)
- malá Petriho miska nebo porcelánová miska na uložení raduly, čelisti a případných spermatoforů
- nádoba na vodu o objemu minimálně 1,5 litru s úzkým hrdlem či nalévací hubičkou (jedna; používá vedoucí praktika)
- binokulární lupa (osm kusů)
- mikroskop (osm kusů)
- potřeby pro mikroskopování (podložní a krycí sklíčka; savé čtverečky)
- stříčka s vodou (osm kusů)
- papírové utěrky

- jsou-li k dispozici, latexové či gumové ochranné rukavice. Pokud jsou k dispozici pouze velké rukavice, které účastníkům nesedí přesně na prstech, je vhodnější pitvat holýma rukama a po pitvě se řádně umýt mýdlem.

Příprava plzáků na pitvu

Plzáci se nejlépe sbírají navečer a v noci ve druhé polovině léta, aby už byli pohlavně vyžralí.

Plzáka španělského mi před pitvou usmrtila moje školitelka, a to takže ho pomohla na 15-20 minut do syčené vody, a poté ho pomohla do 80 % lihu opět na 15-20 minut. Do lihu se namáčí kvůli zpevnění těla.

Poznámka: praktikum je navrženo pro konkrétní druh, plzáka španělského. Pokud máte k dispozici jiný druh dostatečně velkého nahého plže, můžete pitvat například slimáka velkého (*Limax maximus*). Pitevní návod a především fotografie orgánových soustav však patří plzákovi a bude proto nezbytné nalézt alespoň perokresby měkké anatomie slimáka, pitvu provést předem experimentálně bez studentů a ověřit, zda jste schopní rozeznat všechny orgánové soustavy.

Před vlastní pitvou: orientace plzáka na pitevním tácku

Před rozdáním plzáků seznámíme studenty s používanými pitevními nástroji a jejich správným použitím. Teprve pak rozdělíme připravené plzáky mezi pracovní dvojice.

Usmrcené plzáky nejprve necháme účastníky praktika zvnějšku prohlédnout a požádáme je, aby identifikovali břišní a hřbetní stranu živočicha, a hlavový a ocasní konec. Pokud budete při pitvě využívat mnou navržený pracovní list (viz str. 104), požádejte žáky o zakreslení plzáka (úkol 1). Po splnění tohoto úkolu lze přikročit k dalšímu kroku – fixaci.

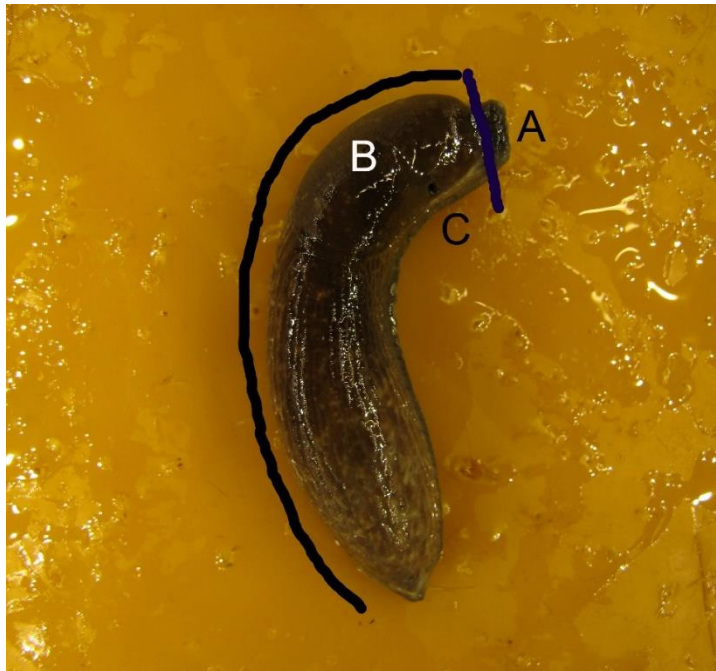
Usmrcené plzáky položíme břišní stěnou na pitevní tácek s voskovou vrstvou (obr. 43). Hlavová část směřuje od pitvajícího, aby bylo jasné, kde je pravá a levá strana (při tomto uspořádání souhlasí pravá strana pitvaného i pitvajícího). Pro studenty je lepší, když plzáky před pitvou zafixují pomocí špendlíků, aby průběh pitvy nebyl ovlivněn jejich obavou z nenadálého pohnutí se plzáka a poškození vnitřních orgánů nevhodným stříhem. K fixaci se používají dva špendlíky, z nichž první je umístěn těsně za hlavovým okrajem těla a druhý těsně před ocasním koncem. Je dobré plzáka narovnat a mírně natáhnout, následně se bude pitva provádět lépe.

Takováto poměrně nezvyklá orientace pitvaného živočicha začne být jasná ve chvíli, kdy si uvědomíme, že se jedná o prvoústého živočicha, jehož základní orgánové soustavy jsou uloženy opačně než u obratlovců.

Když jsou plzáci zafixováni, můžeme přistoupit k otevření tělní dutiny. Kvůli přebytku slizu po smrcení topením a díky relativně křehké tělesné konstituci je vhodné použít jemné oční nůžky místo běžného skalpelu (Říhová 2015).

Plzáka otevřeme pomocí svou stříhů. První stříh vedeme po levé straně plzáka od ocasní části až k hlavovému konci, a tento stříh bude končit těsně za tykadly. Druhý stříh povedeme kolmo na první stříh a bude krátký. Přestihneme jím kůži těsně za tykadly (Obr. 43). Poté otevřeme tělní dutinu plzáka a zafixujeme kůži pomocí špendlíků k voskové vrstvě pitevního tácku. Stříh jsme vedli po levé straně, protože po pravé straně jsou orgány, který bychom mohli přestřihnout, kdybychom tudy vedli stříh (Říhová 2015).

Varování: oba stříhy musí být dostatečně hluboké, aby dokonale prošly kůží i svalovou vrstvou. Budou-li však hluboké příliš, mohou narušit vnitřní orgány. Je tedy vhodné v této iniciální části pitevního praktika všechny pitevní dvojice co nejčastěji kontrolovat a ujišťovat je o správnosti jejich konání; případně je usměrnit.



Obr. 43 Orientace plzáka před počátkem pitvy; A – hlava se zataženými tykadly, B – štít kryjící zbytky schránky, C – dýchací otvor (pneumostom). Černá linie označuje místo prvního stříhu, modrá navazující krátký kolmý stříh.

Jakmile provedeme oba stříhy, roztáhneme od sebe okraje kůže a zafixujeme je pomocí špendlíků k pitevnímu tácku (viz obr. 44)

Nyní máme před sebou obnažené orgány (obr. 44), které jemně rozvolníme preparační jehlou. Vedoucí praktika následně vezme připravenou nádobu s vodou a opatrně ji nalije do pitevního tácku. Voda zlepší viditelnost, odmyje případné nečistoty uvolněné při rozstřihávání tělní stěny a navíc všechny orgány nadlehčí. Poté je možné pozorovat odhalené orgány.

Pitva bude zakončena dvěma úkoly: vyjmutím čelisti a raduly; a jejich prohlídkou pod binokulární lupou/mikroskopem. Instrukce k tomuto úkolu doporučuji vydat až po prohlídce vnitřních orgánů, aby si horlivější pitvající v honbě za radulou nerozstříhali hlavovou část plzáka na kousky.



Obr. 44 Plzák po rozstřížení kožně-svalového vaku a fixaci jeho okrajů. Obnažené orgány dosud nejsou zalité vodou, proto nejsou příliš dobře rozeznatelné.

Vnitřní uspořádání plzáka

Nejrozsáhlejší částí tělní dutiny plzáka zaujímá trávicí a rozmnožovací soustava; s popisem je tedy vhodné začít s nimi. Zhlédnout však můžeme i dýchací, oběhovou a nervovou soustavu a rovněž zatažená, tmavě pigmentovaná tykadla (viz obr 45 B).

Trávicí soustava začíná v hlavové části plzáka bukální dutinou. Na počátku bukální dutiny (obr. 45 A) se nachází chitinová čelist, která slouží k fixaci hlavy při přijímání

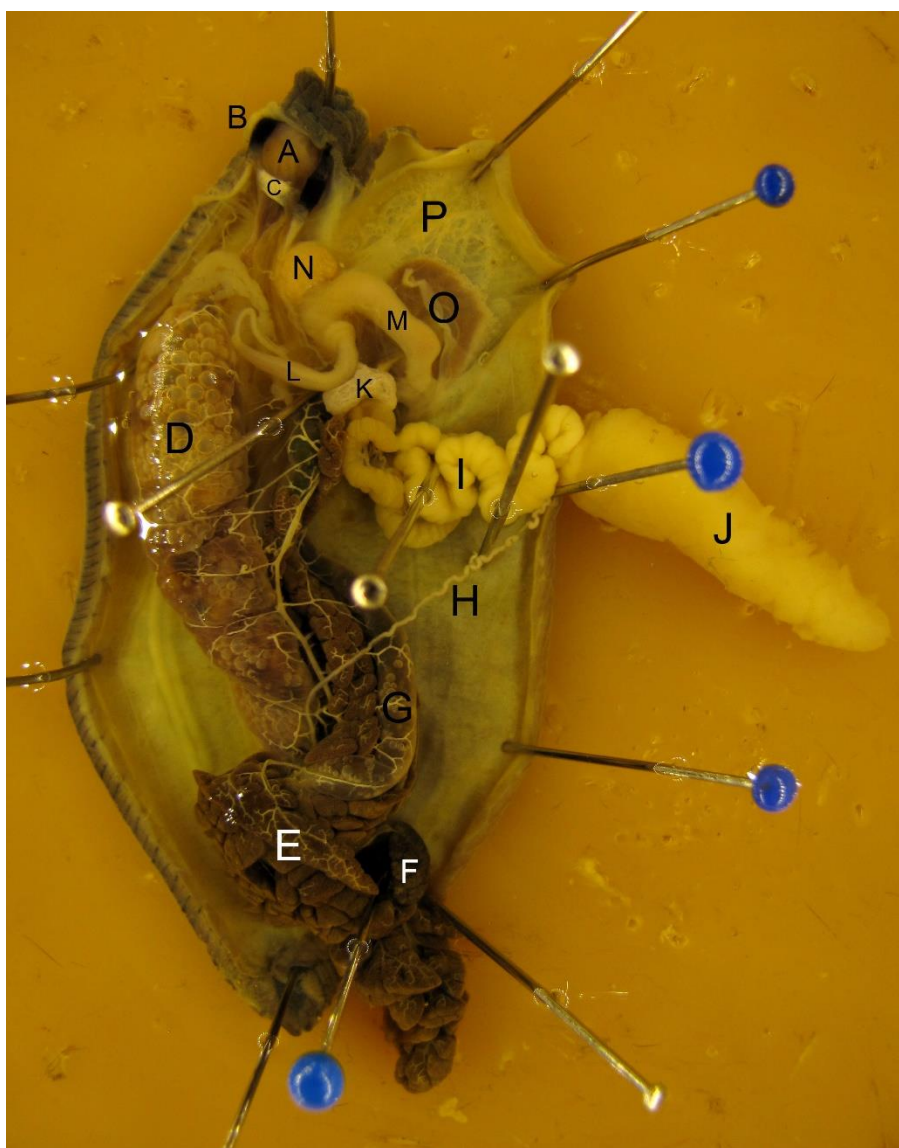
potravy. Na konci této dutiny je přítomna radula podepřená chrupavčitým odontoforem. Zvenku jej lze u některých pitvaných jedinců zahlédnout jako chrupavčitý váleček čnící ze zadní strany bukální dutiny. Další část trávicí soustavy, která navazuje na bukální dutinu, je jícen, který se rozšiřuje do volátka. Na povrchu jícnu se nachází jemné slinné žlázy (obr. 45 D), patrné jako smetanově bílý či narůžovělý povlak. Na volátko navazuje malý, nenápadný žaludek a potrava se hromadí především ve volátku a následně pokračuje do střeva (obr. 45 G). Střevo a někdy i volátko bývají naplněny zbytky potravy či bublinkami vzduchu, což zlepšuje jejich rozpoznatelnost od ostatních orgánů. Součástí trávicí soustavy plzáka je také hepatopankreas neboli trávicí žláza (obr. 45 E). Tato žláza je rozvětvená, a produkuje především enzym celulázu, který umožňuje trávení celulózu. Hepatopankreas zabírá značnou část vnitřní dutiny plzáka, a má charakteristickou játrově hnědou či tmavohnědou barvu (Říhová 2015).

Rozmnožovací soustava je druhou soustavou, která zaujímá největší objem vnitřní dutiny plzáka španělského. Protože je plzák hermafrodit, rozmnožovací soustava obsahuje jak samčí, tak samičí část. Plzáci musí produkovat spermie i vajíčka a tyto pohlavní buňky jsou produkovány hermafroditickou (obojetnou) žlázou (obr. 45 F). Tato žláza se nachází na okraji hepatopankreatu a má i podobně tmavou barvu. Hermafroditická žláza má kulovitý tvar a tmavou hnědošedou barvu. Vajíčka a spermie jsou odsud vedena hermafroditickým duktem (obr. 45 H) až do místa tzv. křížovanky. Hermafroditický duktus je zbarvený bíle a jeho tvar má podobu smotané tkaničky do složitých kliček. Z křížovanky jsou pak vajíčka a spermie vedena širokým zvrásněným spermoviduktem (obr. 45 I). V místě křížovanky se napojuje nejen spermovidukt, ale také bílková žláza (obr. 45 J), která je tvořena kompaktní tkání žluté či smetanové barvy. Na spermovidukt se napojuje měkká blanitá bursa copulatrix (obr. 45 K), a dále se pohlavní soustava zřetelně rozděluje do tenkého kličkovitého epifalu (Obr. 45 L), který slouží k tvorbě spermatoforů obsahujících spermie; a do širší pochvy, která slouží k přijetí spermatoforu získaného od pohlavního partnera. Společné ústí pochvy (Obr. 45 M) a epifalu (Obr. 45 N) se nazývá atrium (Říhová 2015).

Ve vnitřní dutině plzáka španělského se nachází i další k životu potřebné soustavy, jakou jsou cévní a dýchací. Cévní soustava je tvořena vakovitým srdcem, které je umístěno na vnitřní straně tělní stěny nad dýchacím otvorem. Srdce je obklopeno ledvinou (obr. 45 O) a plicním vakem (Obr. 45 P), který soužší k výměně dýchacích plynů. (Říhová 2015).

Pohybová soustava je tvořena svaly, a plzák se pohybuje pomocí svalových stahů, které posouvají tělo po slizu, který plzák produkuje na chodidle. Sliz vytváří ve velkém množství ve slizových žlázkách, které jsou uprostřed nohy a jsou patrné i z pohledu zevnitř jako světlejší vystouplý pruh na vnitřní straně chodidla (Říhová 2015).

Poslední soustavou, která stojí za zmínku, je nervová soustava, která se nachází nad jícnem těsně za bukální dutinou, a je tvořena bělavým objícnovým prstencem (obr. 45 C). V hlavové části nalezneme nápadný orgán, a to tmavě pigmentované retraktory tykadel (obr. 45 B), uložené po stranách bukální dutiny.



Obr. 45 Vnitřní orgány plzáka španělského. A – bukální dutina, B – tmavě pigmentované retraktory tykadel, C – nervový objícnový prstenec, D – volátka se slinnými žlázami, E – hepatopankreas (slinivkojaterní žláza), F – hermafroditická žláza, G – střevo, H – hermafroditický duktus, I – spermovidukt, J – bílková žláza, K – bursa copulatrix, L – epifalus, M – pochva, N – atrium, O – srdce a ledvina, P – plicní vak.

Při provádění pitvy doporučuji nejprve popsat vnitřní orgánové soustavy na promítnutém obrázku a následně obejít všechny dvojice a zkontrolovat jejich orientaci v konkrétních pitvaných jedincích. Jakmile orientaci žáků v orgánových soustavách zkontrolujeme, můžeme přejít k plnění úkolu č. 3 v pracovním listu (popis orgánových soustav).

Nakonec můžeme z plzáka vyjmout čelist a radulu, kterou budeme detailněji pozorovat pomocí binokulární lupy a mikroskopu. **Čelist (Obr. 46 B)** se nachází u vstupu do bukální dutiny. Je to vlnitá destička tvořená chitinem. Má funkci fixace úst na přijímané potravě. Čelist nalezneme tak, že najdeme ústa a lehce je prsty ze stran smáčkeme směrem k sobě. Čelist, která je relativně tmavá, se částečně vychlípí z ústního otvoru, a pak ji uchopíme pinzetou a lehce ji vytáhneme. Když se vyjmutí tímto způsobem nepodaří, musíme zvolit druhou metodu. Nejprve odstříhneme bukální dutinu těsně za jejím přirostáním k ústnímu otvoru, a následně vzadu za objícnovým nervovým prstencem. Odstřiženou bukální dutinu pak lehce smáčkeme mezi prsty a čelist vyklouzne zepředu ven (Říhová 2015). Získanou čelist odložíme do porcelánové misky s vodou a pozorujeme ji pod binokulární lupou.

Radula (obr. 46 A) se nachází v zadní části bukální dutiny. Radula je velmi jemná a flexibilní chitínová ozubená páska, a za její pomoci si plzák rozstrouhává potravu na drobné kousky. Radula je podepřena bělavým chrupavčitým odontoforem, a to protože je měkká a jemná. Má nevýrazné žlutavé zbarvení, a je pokryta droboučkými chitínovými zoubky.

Radulu vyjmeme z plzáka tak, že odstříhneme bukální dutinu (jako ve druhé variantě postupu získání čelisti), protože se nachází na zadní části bukální dutiny. Bukální dutinu odstříhneme na jejím předním i zadním konci, a to až za odontoforem, který je zvenku patrný jako bělavý válečkovitý útvar čnící ze zadního konce bukální dutiny. Poté podélně rozstříhneme zepředu dozadu bukální dutinu v její horní části. Po rozchlípení bukální dutiny se objeví světlý cíp raduly, kterou vytáhneme za pomoci tvrdé entomologické pinzety (Říhová 2015).

Z raduly můžeme vytvořit dočasný mikroskopický preparát, a to tak, že radulu položíme na podložní sklíčko, zakápneme kapkou vody a překryjeme krycím sklíčkem. Pozorujeme ji v mikroskopu pod různými zvětšeními. Na radule uvidíme drobné zoubky přibližně stejného tvaru a velikosti, uspořádané v příčných řadách.



Obr. 46 Radula (A) a čelist (B)

Závěr

Úloha je podstatně náročnější než předešlá pozorování, ale bez této úlohy by naše pozorování plzáka španělského nebylo úplné. Není lepší metody, jak seznámit žáky s měkkou anatomií živočicha než jeho pitva. Pro provedení úlohy jsou třeba dvě vyučovací hodiny (90 minut).

K úloze jsou zapotřebí speciální pomůcky, které by nemusela každá škola vlastnit. Je zde však možnost, že se škola domluví na spolupráci s Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy (konkrétně iniciativou Přírodovědci (www.prirodovedci.cz), a ta žáky pozve do své laboratoře, kde s nimi pitvu provede kvalifikovaný lektor.

Rozdělení žáků do dvojic je vhodné jak z organizačního, tak etického hlediska. Budeme potřebovat poloviční množství plzáků i pitevních nástrojů a tácků, žáci si navíc ve dvojici mohou rozdělit úkoly a navzájem si pomáhat a podporovat se. Někteří žáci (především ti, kteří se plžů štítí či bojí) rovněž potřebují nějaký čas na uvolnění, než se do pitvy zapojí; a ten jim může být poskytnut právě díky „pitevnímu partnerovi“. Rozhodně není vhodné žáky do pitvání nutit; nebudou-li sami chtít, mohou jen přihlížet práci jiného žáka či jiné dvojice.

Úloha krom anatomických znalostí vylepšuje jemnou motoriku díky práci s pitevními nástroji; a zdokonaluje techniku mikroskopování a využívání binolupy.

4.9 Vsakování vody

V nepříznivých podmínkách při velkém suchu jsou plzáci španělští tolerantní i ke značné ztrátě vody. Při laboratorních pokusech bylo zjištěno zvláštní behaviorální chování plzáků, kdy se za nepříznivých podmínek shlukují a tiskou k sobě, aby snížili povrchové odpařování vody (Slotsbová et al. 2011). Plzáci jsou tedy schopni aktivně regulovat obsah vody ve svém těle a zabránit přílišnému vysychání.

Umím „pít“ vodu povrchem těla

V úvodu úlohy jsem popsala, že plzáci španělští při velkém suchu ztrácí vodu a tedy i tělesnou hmotnost. V této úloze však chceme ukázat, že vodu také dokážou nasát povrchem těla zpět. V úloze budou mít žáci za úkol zjistit, kolik vody je plzák španělský schopný přijmout za určitý čas.

Materiální vybavení

- plzáci španělští – lze použít dospělé i mláďata
- nádoba na vodu větších rozměrů (odvozuje se od velikosti a počtu pokusných plzáků; já jsem pro tři plzáky použila skleněnou kádinku o objemu 800 ml), preferenčně s průhlednými stěnami; nejvhodnější je právě skleněná kádinka
- odstátá kohoutková voda
- převážky (v mém případě Sartorius BP 4100) či analytické váhy
- váženka či jiná lehká plastová miska na položení plzáků na váhy
- zápisový arch na zaznamenávání změny hmotnosti plzáků; psací potřeby
- savý hadřík
- stopky
- ochranné gumové/latexové rukavice pro manipulaci s plzáky

Experimentální uspořádání

Připravíme si nádobu (nejlépe kádinku o objemu alespoň 500 ml), do které nalijeme odstátou vodu. Připravené plzáky španělské zvážíme na převážkách a zaznamenáme jejich váhu v gramech do zápisového archu. Poté plzáky zcela ponoříme do nádoby s vodou, a necháme je pod vodou pět minut. V průběhu času kontrolujeme, zda plzáci nevylézají nad hladinu a pokud tak činí, opatrně je umístíme zpět pod vodu: musí být pod vodou celých pět minut. Tato doba je příliš krátká na to, aby došlo k utonutí plzáků. Plzáci jsou navíc schopni dýchat přes pokožku a mohou tak přijímat i kyslík rozpuštěný ve vodě. Krátkodobé potopení jim neublíží, ale je vhodné na obě skutečnosti žáky předem upozornit, aby se nestrachovali o život pokusných jedinců.

Po uplynutí pěti minut všechny jedince vytáhneme a opatrně z nich otřeme hadříkem přebytečnou vodu (můžeme je také nechat krátce „okapat“ bez otírání). Plzáky opět zvážíme a nové hmotnosti zaznamenáme do zápisového archu. Plzáky vrátíme do nádoby s vodou na dalších pět minut, a celý proces opakujeme nejméně třikrát. Dle

množství času, které máme k dispozici, můžeme celý experiment protáhnout i na dvoj- či trojnásobně delší dobu.

Pokud plzáky máme v nádobě s průhlednými stěnami, je patrné, že se ve vodě aktivně pohybují a pokouší se vylézt nad hladinu. V průběhu máčení jedince sledujeme, aby nevylézali nad hladinu a nenarušovali tak průběh experimentu.

Výsledky vlastního pozorování

Pokus jsem sama provedla, abych zjistila, zda je úloha uskutečnitelná ve školních podmínkách. Pro sledování jsem zvolila dva jedince plzáka španělského, dospělé o počáteční váze 4,3 g, a mládě přibližně poloviční velikosti (1,6 g).

Máčení jsem prováděla ve skleněné kádince o objemu 800 ml (aby bylo zaručeno, že oba plzáci budou zcela ponořeni a nebudou si navzájem překážet). Hmotnost jsem zjišťovala na předvážkách Sartorius BP 4100, vážících s přesností na jedno desetinné místo. Má-li škola k dispozici přesnější váhy (např. analytické), je vhodné využít je. Naopak váhy, které váží pouze na celé gramy, nejsou pro potřeby této úlohy vhodné: příbytky váhy jsou drobné a nebyly by měřitelné. Realizace úlohy je tak omezená materiálním vybavením školy.

Po uplynutí pěti minut jsem plzáky opatrně z nádoby vyjmula, lehce otřela hadříkem od přebytečného slizu a převážila. Do vody jsem je vrátila celkem třikrát a celkem pod hladinou strávili 20 minut. Převážování probíhalo po každých celých pěti minutách (Tab. 6).

V průběhu experimentu jsem pozorovala zvýšené slizení, dané hygroskopickými vlastnostmi slizu. Sliz rovněž měnil svou konzistenci a stával se kapalnějším. Je možné, že pokud bych sliz před vážením neotírala, byly by hmotnostní příbytky výraznější. Je na vedoucím praktika, zda se rozhodne plzáky otírat nebo je nechat okapat; použití váženky či jiné misky je však z důvodů slizení v této úloze nezbytné.

Přesnost vah použitých v tomto experimentu je klíčová: mnou zvolené předvážky váží s přesností na jedno desetinné místo a je pravděpodobné, že přesnější váhy by zaznamenaly příbytek hmotnosti lépe. Není však pravděpodobné, že běžná škola bude vybavena mnohdy drahým laboratorním vybavením a tak jsem proveditelnost praktika ověřila právě za pomoci předvážek, které do vybavení školních laboratoří často patří.

Kvůli tvorbě slizu je také pravděpodobné, že i kdyby v dostupném vybavení školy figurovaly analytické váhy vážící s přesností na tři či čtyři desetinná místa, nebude je správce chemické laboratoře zapůjčit k vážení plzáků, aby váhy nebyly poškozeny odkapávajícím slizem.

Tabulka 6 výsledky měření vsakování vody

| Dospělý jedinec | mládě | čas (kumulativní čas) |
|-----------------|-------|-----------------------|
| 4,4 g | 1,6 g | začátek pokusu |
| 4,3 g | 1,7 g | 5 minut (5 minut) |
| 4,4 g | 1,8 g | 5 minut (10 minut) |
| 4,4 g | 1,8 g | 5 minut (15 minut) |
| 4,5 g | 1,8 g | 5 minut (20 minut) |

Závěr

Pokus s přijímáním vody pokožkou je poměrně špatně proveditelný v běžném školním prostředí, protože jsou k němu zapotřebí relativně přesné váhy, jimiž nedisponuje každé škola. Možnost provedení je tak omezena – jako v jediné mnou navrhované úloze – materiálním vybavením školy. Pokud však škola vhodnými váhami disponuje, je pokus zajímavým zpestřením seznamování se s nahými plži, protože příjem vody pokožkou pro nás není intuitivní a mnohdy si neuvědomujeme, jak velkou roli v životě měkkýšů hraje.

Pokud škola vhodnými vahami disponuje, doporučuji provádění pokusu zařadit do hodin specializovaných biologických seminářů: ač ponoření plzáků neuškodí, účastníci z řad nezainteresovaných žáků by jej mohli považovat za trápení pokusných živočichů.

5 Závěr

V České republice se vyskytuje 28 druhů nahých plžů z šesti čeledí (Agriolimacidae, Arionidae, Boettgeriidae, Limacidae a Milacidae). Některé druhy jsou zde původní, jiné jsou invazivní (blednička útlá, plzák španělský či p. obecný (*Arion distinctus*). Nazí plži naší přírody osídlili různá stanoviště; někteří se stali i významnými škůdci kulturně pěstovaných plodin.

Má diplomová práce na ně nahlíží z jiného úhlu: jako na modelovou skupinu, umožňující seznámit se s jevy typickými pro všechny plže a zároveň i se specifiky plžů nahých. Formou návodů na uspořádání devíti praktik provádí své účastníky světem bezulitnatých plžů. Začíná u prostého pozorování vnějších morfologických znaků a učí rozlišovat základní čeledi. Poté přechází ke sledování pohybu, dýchání a reakcím na smyslové podněty. Věnuje se i příjmu vody pokožkou a potravním preferencím. Sada úloh je zakončena pitevním praktikem, ve kterém se žáci seznámí s anatomií jim již dobře známého plzáka španělského, který se stal hlavním modelovým organismem všech navrhovaných cvičení.

Všechna navrhovaná cvičení jsou jednoduše proveditelná s minimem pomůcek a každé z nich demonstruje určitý aspekt biologie plžů. Mnohá z nich mají i přesahy do dalších oborů, ve kterých je zapotřebí žáky rozvíjet. Celý soubor tak přispívá ke komplexnímu pochopení živé přírody.

6 Použité zdroje:

- ANDERSON, Roy. 2005: An annotated list of the non-marine mollusca of Britain and Ireland. *Journal of conchology*. **38**(6), 607–638.
- ARAD, Zeev, Tal MIZRAHI, Shoshana GOLDENBERG a Joseph HELLER. 2010: Natural annual cycle of heat shock protein expression in land snails: desert versus Mediterranean species of *Sphincterochila*. *The Journal of Experimental Biology*. **213**, 3487–3495.
- BALASHOV, I. A. a A. A. BAIDASHNIKOV. 2012: The first findings of a slug *Boettgerilla pallens* (Stylommatophora, Boettgerillidae) in Crimea. *Ruthenica*. **22**(2), 111–114.
- CAMERON, Robert. 2009. Are non-native gastropods a threat to endangered lichens? *Canadian Field-Naturalist* 123(2): 169–171.
- DVOŘÁK, L. a M. HORSÁK. 2003. Současné poznatky o plzáku *Arion lusitanicus* (Mollusca: Pulmonata) v České republice – *Časopis Slezského zemského muzea. Opava* (A) 52: 67–71.
- EULIN, Jean-Louis 2003: *Tandonia rustica* (Millet 1843) (Mollusca: Gastropoda), nouvelle espèce de limace pour la Vendée. *Le naturaliste vendéen*. (3), 119–120.
- GELPERIN, Alan. 1974: Olfactory Basis of Homing Behavior in the Giant Garden Slug, *Limax maximus*. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA.*, **71**(3), 966–970.
- GUNN, A. 1992: The ecology of the introduced slug *Boettgerilla pallens* (Simroth) in North Wales. *Journal of Molluscan Studies*. **58** (4): 449–453
- HANÁK F., HUDEČEK J. J., HORSÁK M. 2002: Modranka karpatská, *Bielzia coerulans* (M. Bielz, 1851) historie známého výskytu a rozšíření na území České republiky (Mollusca: Limacidae). *Časopis Slezského zemského muzea* 51A:172–178.
- HORÁČKOVÁ, Jitka a Libor DVOŘÁK. 2008: Měkkýši Českého lesa – IV. Nové údaje pro jižní část Českého lesa. *Malacologica Bohemoslovaca*. **7**, 81–92.
- HORSÁK, M, L. JUŘIČKOVÁ a J. PICKA. 2013. *Měkkýši České a Slovenské republiky*. Zlín: Kabourek, 264 s. ISBN 978-80-86447-15-5
- IRIKOV, Atanas a Zoltán EROSS. 2008: An updated and annotated checklist of bulgarian terrestrial gastropods (Mollusca: Gastropoda). *Folia Malacologica*. **16**(4), 199–207. ISSN 1506 -7629.

- JANČAŘÍKOVÁ, K., JANČAŘÍK, A. 2005: *Šnečí závdy – příklad interdisciplinárního projektu*. Pythagoras 2005: letná škola z teorie vyučování matematiky, Kováčová při Zvolene, 2.7.-9.7. 2005, zborník príspevkov. Bratislava: P-Mat, s. 37-39. ISBN 80-969414-3-7
- JORDAENS, Kurt, Jan PINCEEL, Heidi KRIECKEMANS a Thierry BACKELJAU. 2006: Accurate identification of cryptic slug taxa of the *Arion subfuscus/fuscus* complex by PCR-RFLP (Pulmonata:Arionidae). *Journal of Molluscan Studies*. **72**(3), 323–325.
- JUŘIČKOVÁ L., 1995: Škůdce mezi měkkýši plzák *Arion lusitanicus* v ČR. *Živa* 42, 1: 30.
- JUŘIČKOVÁ, Lucie. 2005: Měkkýši (Mollusca) hradů jako ekologického fenoménu (Česká republika) *Malacologica Bohemoslovaca*. **3**, 100-148. ISSN 1336-6939
- JUŘIČKOVÁ, Lucie. 2008: Měkkýši NPR Voděradské bučiny. *Malacologica Bohemoslovaca*. **7**, 93–97. ISSN 1336-6939.
- KOTLÍK, Bohumír et al. 2011: *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro SŠ a nižší ročníky víceletých gymnázií*. 2. vyd. Praha: Fragment. 286 s. ISBN 978-80-253-1227-8
- .
- KOZŁOWSKI, J. 2005. Host plants and harmfulness of the *Arion lusitanicus* Mabilie, 1868 slug. *Journal of plant protection research*. roč. 45, č. 3, 222–233.
- KOZŁOWSKI, J. 2007. The distribution, biology, population dynamics and harmfulness of *Arion lusitanicus* Mabilie, 1868 (Gastropoda: Pulmonata: Arionidae) in Poland. *Journal of plant protection research*. roč. 47, č. 3., 219–230.
- KOZŁOWSKI, Jan a Maria KOZŁOWSKA. 2007 Feeding rate of *deroceras reticulatum* (O. F. Müller, 1774) (Gastropoda: pulmonata: agriolimacidae) on herbs and oilseed rape. *Folia Malacologica*. **15**(1), 39–43. ISSN 1506 -7679.
- KOZŁOWSKI, Jan. 2012: The significance of alien and invasive slug species for plant communities in agroecosystems. *Journal of plant protection research*. **52**(1), 67–76.
- KOZŁOWSKI, Jan a Rafael SIONEK. 2001. Mating behaviour of *Arion lusitanicus* Mabilie, 1868 (Gastropoda: Pulmonata: Arionidae). *Folia Malacologica* **9** (4), 217–221.
- KOZŁOWSKI, Jan, Przemysław STRAZYŃSKI, Monika JASKULSKA a Maria KOZŁOWSKA 2016: Relationships Between Aphids (Insecta: Homoptera: Aphididae) and Slugs (Gastropoda: Stylommatophora: Agriolimacidae) Pests of Legumes (Fabaceae: *Lupinus*). *Journal of Insect Science*. **16**(1), 1–7.

- LANGLOIS, Thomas. 1965: The conjugal behavior of the introduced european giant garden slug, *Limax maximus* L., as observed on south bass island, lake erie. *The Ohio Journal of Science*, **65**(5), 298–304.
- LIBERTO, Fabio, Salvatore GIGLIO, Maria Stella COLOMBA a Ignazio SPARACIO. 2012: New and little known land snails from Sicily (Mollusca Gastropoda). *Biodiversity Journal*. **3**(3), 201–228.
- MAIR, J a G R PORT. The Influence of Mucus Production by the Slug, *Deroceras reticulatum*, on Predation by *Pterostichus madidus* and *Nebria brevicollis* (Coleoptera: Carabidae). *Biocontrol Science And Technology*. 2002, **12**(3), 325–335.
- MAYER, Marc a Evelyne CARRIÈRES. 2007: Inventaire de la biodiversité dans la forêt "Schnellert" (Commune de Berdorf) - Erfassung der Biodiversität im Waldgebiet "Schnellert" (Gemeinde Berdorf) Ferrantia 50. *Ferrantia*. ISSN 1682-5519.
- OUTEIRO, A, T RODRÍGUERZ a J CASTILLEJO. 1988 :*Malacolimax tenellus*(Müller,1774)(Mollusca, gastropoda, limacidae)En España. Morfología y distribución. *Miscellaneous publications*. **12**, 41–46.
- PAPUREANUOVÁ, A.M, H. REISEOVÁ a A.VARGA. 2014. First records of the invasive slug *Arion lusitanicus* auc. nom Mabilie (Gastropoda: Pulmonata: Arionidae) in Romania. *Malacologica Bohemoslovaca* 13, s. 6–11.
- RABITSCH, W. *DAISIE 2006: Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe*. *Arion Vulgaris* [online]. 2006 [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: http://www.europe-aliens.org/pdf/Arion_vulgaris.pdf
- PRIOR, David J., Mary HUME, Dan VARGA a Stephen D. HESS. 1983 Physiological and behavioural aspects of water balance and respiratory function in the terrestrial slug, *umaxmaximus*.. *Journal of experimental Biology*. **104**, 111–127.
- REISE, Heike, John M. C. HURCHINSON, Robert G. FORSYTH a Tammara J. FORSYTH. 2000: The Ecology and Rapid Spread of the Terrestrial Slug *Boettgerilla pallens* in Europe with Reference to Its Recent Discovery in North America. *The Veliger*. **43**(4), 313–318.
- ŘÍHOVÁ, Dagmar. 2015: Pitva plzáka španělského. *Biologie, chemie, zeměpis : časopis pro výuku přírodovědných předmětů na základních a středních školách*. **24**(3), 111–118.
- SEDLÁK, Edmund. *Zoologie bezobratlých*. 2., přeprac. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, 2002. 336 s. ISBN 80-210-2892-0.
- SHIKOV, Evgenij V. Slug descending on mucus threads. *Folia malacologica*. 2014, **22**(2), 83–86. ISSN 1506-7629.

- SLOTSBOVÁ S. 2012: Ecophysiology and Life History of the Slug *Arion lusitanicus*. PhD. thesis, Aarhus University. 80 str.
- SOKOLOVE, P. G., C. M. BEISWANGER, D. J. PRIONR a A. GELPERIN. 1977 A circadian rhythm in the locomotor behaviour of the giant garden slug *Limax maximus*. *Journal of Experimental. Biology*. **66**, 47–64.
- SULIKOWSKA-DROZD, ANNA. 2007: Malacofauna of a city park_Turnover and persistence of species through 40 years. *Folia Malacologica*. 2007, **15**(2), 75–81. ISSN 1506-7629.
- VÍTKOVÁ, Jiřina. *Biologie, historie invaze a hubení plzáka španělského (Arion vulgaris Moquin-Tandon)*. Praha, 2014. Diplomová práce. Univerzita Karlova. Vedoucí práce Mgr. Dagmar Říhová.

6.1 Internetové zdroje:

- AnimalBase *Deroceras reticulatum* 2013 [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/species?id=694>
- AnimalBase *Arion fuscus* 2004 [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/picture?id=2574>
- AnimalBase *Arion rufus* 2009 [online]. [cit. 2016-11-29]. Dostupné z: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/picture?id=5831>
- AnimalBase *Arion vulgaris* 2007 [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/picture?id=6539>
- AnimalBase *Boettgerilla pallens* 2004 [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/picture?id=4641>
- AnimalBase *Deroceras reticulatum* 2005 [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/picture?id=4681>
- AnimalBase *Lehmannia marginata* 2007 [online]. [cit. 2016-11-28]. Dostupné z: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/picture?id=2710>
- Animalbase *Lehmannia marginata*. 2013[online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/species?id=336>
- AnimalBase *Limax cinereoniger* 2010 [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/picture?id=6457>
- Animalbase *Limax cinereoniger* 2013[online]. [cit. 2016-11-28]. Dostupné z: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/species?id=342>

- AnimalBase *Limax maximus* 2003 [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/picture?id=2578>
- AnimalBase *Malacolimax tenellus* 2005 [online]. [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/picture?id=4803>
- Animalbase *Tandonia Rustica* 2010[online]. [cit. 2016-11-15]. Dostupné z: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/picture?id=6500>
- Biolib Páření *arion vulgaris* [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://www.biolib.cz/en/image/id10702/>
- Portal Nature *Arion fuscus* [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=73941
- Portal Nature *Arion rufus* [cit. 2016-11-29]. Dostupné z: http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=34456
- Portal Nature *Arion vulgaris* [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=94203
- Portal Nature *Boettgerilla pallens* 2016 [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=34466
- Portal Nature *Derocerates reticulatum* [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=34515
- Portal Nature *Lehmannia Marginata* [cit. 2016-11-28]. Dostupné z: http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=34561
- Portal Nature *Limax cinereoniger* [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=34565
- Portal Nature *Limax Maximus* 2016 [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=34567
- Portal Nature *Malacolimax tenellus* [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=34578
- Portal Nature *Tandonia Rustica* 2016 [online]. [cit. 2016-11-15]. Dostupné z: http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=34662

- Vaculová, H. Zahrádkáři trpí: Na záhony útočí španělští plzáci. Idnes.cz 2008.
Dostupné z : http://brno.idnes.cz/zahradkari-trpi-na-zahony-utoci-spanelsti-plzaci-f70-/brno-zpravy.aspx?c=A080709_185630_brno_atk

7 Příloha

PRACOVNÍ LIST – PITVA PLZÁKA ŠPANĚLSKÉHO (VZOR)

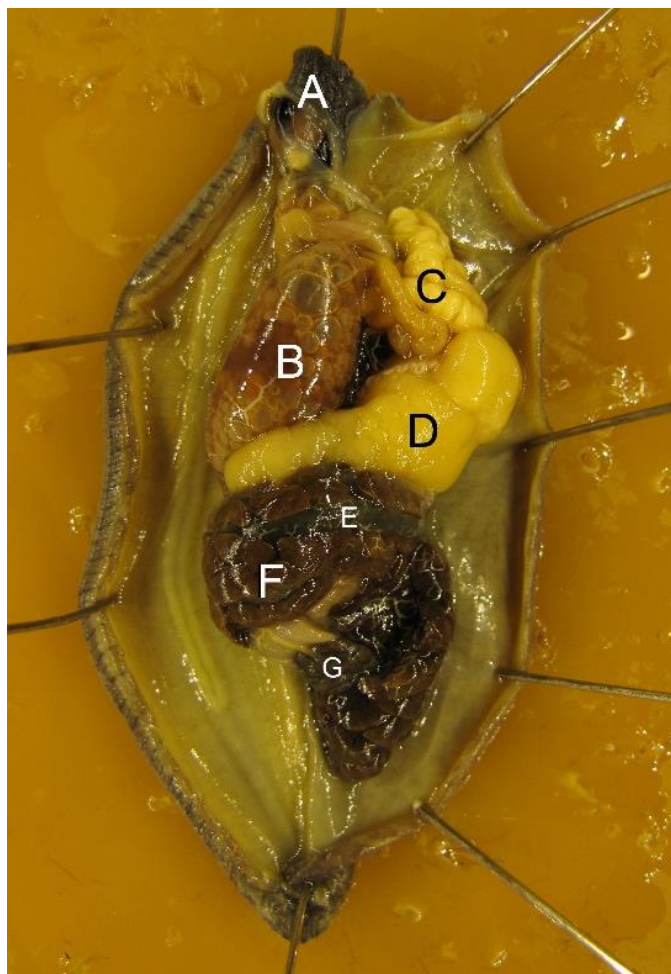
Úkol č. 1 Prohlédni si plzáka španělského, kterého budeš pitvat. Nakresli ho, a vyznač na svém nakresleném obrázku tyto části: **noha, kýl, dýchací otvor, tykadla**

Úkol č. 2 Barevně vyznač a popiš na obrázku, jak provedeš řezy, kterými se otevírá tělní dutina plzáka.



Úkol č. 3 Pozorně si prohlédni obrázek. Každé písmenko (A až G) představuje jeden orgán, tvým úkolem je správně je rozpoznat a pojmenovat.

- A**
- B**
- C**
- D**
- E**
- F**
- G**



Úkol č. 4 Vyjmi z bukální (ústní) dutiny čelist a prohlédni si ji pod binokulární lupou. Pozorované zakresli!

Úkol č. 5 Vyjmi z bukální dutiny radulu a vytvoř z ní dočasný mikroskopický preparát. Prohlédni ji pod mikroskopem a pozorované zakresli. Nezapomeň na udání zvětšení a popisky nákresu!

Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta

M. D. Rettigová 4, 116 39 Praha 1

Prohlášení žadatele o nahlédnutí do listinné podoby závěrečné práce

Evidenční list

Jsem si vědom/a, že závěrečná práce je autorským dílem a že informace získané nahlédnutím do zveřejněné závěrečné práce nemohou být použity k výdělečným účelům, ani nemohou být vydávány za studijní, vědeckou nebo jinou tvůrčí činnost jiné osoby než autora. Byl/a jsem seznámen/a se skutečností, že si mohu pořizovat výpisy, opisy nebo rozmnoženiny závěrečné práce, jsem však povinen/povinna s nimi nakládat jako s autorským dílem a zachovávat pravidla uvedená v předchozím odstavci tohoto prohlášení

| Poř.č. | Datum | Jméno příjmení | Adresa trvalého bydliště | podpis |
|--------|-------|-------------------|--------------------------------|--------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |